প্রশ্নোত্তরে

উচ্চ মাধ্যমিক পদার্থবিদ্যা

[নবম, দশম ও একাদশ শ্রেণীর জন্য]

[**Revised & Enlarged Fifth Edition**]

BY

An Experienced Professor

Thoroughly revised by

Prof. DAS GUPTA

CALCUTTA BOOK HOUSE

1/1, Bankim Chatterjee Street : : Calcutta-12

সূচীপত্র

প্রথম খণ্ড

[নবম ও দশম শ্রেণীর জন্য]

দ্বিতীয় খণ্ড

[একাদশ শ্রেণীর জন্য]

বিষয়		পৃষ্ঠা

প্রশ্নোত্তরে

উচ্চ মাধ্যমিক পদার্থবিদ্যা

প্রথম খণ্ড

[নবম ও দশম শ্রেণীর জন্য]

সাধারণ পদার্থ বিজ্ঞান

প্রথম পরিচ্ছেদ

মাপের পদ্ধতি ও মাপের একক

প্রশ্ন ১। একক কাহাকে বলে? এককের প্রয়োজনীয়তা কি? এককের বিভিন্ন পদ্ধতি বুঝাইয়া দাও।

[What is called 'Unit'? What is its utility? Explain the different systems of units.]

উঃ। একক: যে কোন রাশি মাপিতে গেলে উহার একটি সুবিধাজনক পরিমাণকে নির্দিষ্ট মান (standard) ধরিয়া সমপ্রকার রাশির মাপ লওয়া হয়। ঐ নির্দিষ্ট মানকে একক বা Unit বলে।

এককের প্রয়োজনীয়তা: কোন বিজ্ঞান সম্বন্ধে শিক্ষালাভ করিতে হইলে সর্বপ্রথম উহার এককগুলির সহিত পরিচিত হওয়া প্রয়োজন। একজন প্রসিদ্ধ বিজ্ঞানী বলিয়াছিলেন, 'মাপিবার একক সুনির্দিষ্ট না হইলে কোন বিষয় সম্বন্ধে জ্ঞান সম্পূর্ণ হইতে পারে না।' যেমন, দৈর্ঘ্যের একক নির্দিষ্ট হইলে তবেই কোন পদার্থের প্রসারণ অথবা আয়তন ভাষায় প্রকাশ করা চলে। একক নির্দিষ্ট না থাকিলে একের পরিমাপ অপরে বুঝিবে না এবং বিনিময়ের ক্ষেত্রে নানাপ্রকার অসুবিধা ঘটিবে। একটি ঘরের দৈর্ঘ্য মাপিয়া কেহ যদি বলে যে, উহা 15 তবে ঐ উক্তি অর্থহীন। উহা দ্বারা ঘরের দৈর্ঘ্য সম্বন্ধে কোন ধারণাই হয় না। কিন্তু যদি বলে যে দৈর্ঘ্য 15 ফুট তবে বুঝিতে পারা যায় যে ফুট নামক একটি নির্দিষ্ট দৈর্ঘ্যকে একক ধরিয়া ঐ অনুসারে ঘরের দৈর্ঘ্য বলা হইল। সে-ক্ষেত্রে ঘরের দৈর্ঘ্য সম্বন্ধে আমাদের সকলেরই স্পষ্ট ধারণা হইবে। এইরূপে দেখা যায় যে কোন রাশি পরিমাপ করিয়া উহার ফলাফল বুঝাইতে গেলে একটি নির্দিষ্ট এককের প্রয়োজন। এককবিহীন পরিমাপ সম্পূর্ণ অর্থহীন।

এককের পদ্ধতি: একক প্রকাশ করিবার দুইটি পদ্ধতি আছে। যথা:—(1) সি. জি. এস্. (C. G. S.) অথবা ফ্রেঞ্চ অথবা মেট্রিক পদ্ধতি ও (2) এফ্. পি. এস. (F. P. S.) অথবা বৃটিশ পদ্ধতি।

এই দুই পদ্ধতি দ্বারা তিনটি মূল একককে (Fundamental Units) প্রকাশ করা হয়। আমরা দেখিয়াছি যে প্রত্যেক রাশির জন্য একটি করিয়া একক দরকার। সুতরাং পদার্থ বিজ্ঞানে যে অসংখ্য রাশি আছে তাহাদের জন্য অসংখ্য একক প্রয়োজন। কিন্তু দেখা গিয়াছে যে রাশি অসংখ্য হইলেও এককের সংখ্যা পরিমিত। মাত্র তিনটি রাশির একক ঠিক করিয়া লইলে বাকী যে-কোন রাশির একক নির্ণয় করা যায়। ঐ তিনটি রাশি হইল (1) দৈর্ঘ্য, (2) ভর ও (3) সময়। উহাদের একককে বলা হয় মূল একক।

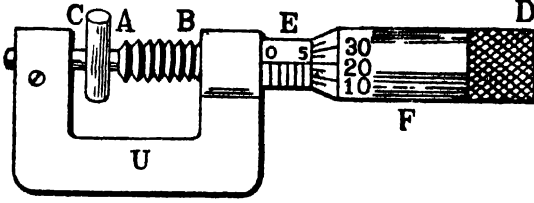
সি. জি. এস. পদ্ধতিতে, 'সি' শব্দটি বুঝায় সেন্টিমিটার→দৈর্ঘ্যের একক।
'জি' " " গ্রাম →ভরের একক।
'এস্' " " সেকেণ্ড→সময়ের একক।
এবং এফ্. পি. এস্. পদ্ধতিতে 'এফ' " " ফুট →দৈর্ঘ্যের একক।
'পি' " " পাউণ্ড →ভরের একক।
'এস্' " " সেকেণ্ড →সময়ের একক।

প্রশ্ন ২। স্ক্রু-গেজ যন্ত্রের বিবরণ দাও। উহা দ্বারা একটি তারের ব্যাস কিরূপে মাপিবে ?

[Describe a 'Screw-gauge'. How will you measure the diameter of a wire by it ?]

উঃ। স্ক্রু-গেজের বিবরণ ঃ

1নং চিত্রে একটি স্ক্রু-গেজের নক্শা দেখান হইল। এই যন্ত্রে C ও AB দুইটি দণ্ড। উভয়ের মুখোমুখী প্রান্তদ্বয় খুব সমতল এবং U-আকৃতির একটি ইস্পাতদণ্ড খুব দৃঢ়ভাবে উহাদের আবদ্ধ করিয়া রাখিয়াছে। AB দণ্ডের গায়ে একটি স্ক্রু কাটা আছে এবং উহা একটি ফাঁপা চোঙ্ E-এর ভিতর দিয়া যাতায়াত করিতে পারে। E-চোঙের উপর একটি স্কেল অঙ্কিত আছে। উহাকে রৈখিক স্কেল বলে এবং যে-রেখার উপর ঐ স্কেল অঙ্কিত উহাকে মান-রেখা (reference line) বলে। চোঙ্টির গা-বাহিয়া একটি বেষ্টনী F আছে। উহার একপ্রান্তে চক্রাকার স্কেল (circular scale) আছে। অপর প্রান্তে একটি টুপী D অবস্থিত। এই টুপীটি ঘুরাইলে F-বেষ্টনী E-চোঙের গা-বাহিয়া

চক্রাকার গতিতে অগ্রসর হইবে এবং সঙ্গে সঙ্গে AB দণ্ডটিও সম্মুখের দিকে আগাইয়া যাইবে। চক্রাকার স্কেল ও রৈখিক স্কেল লক্ষ্য করিলে F-বেষ্টনীর

চিত্র নং 1

একবার পূর্ণ আবর্তনে AB দণ্ড কতটা অগ্রসর হয় তাহা সহজেই নির্ণয় করা যায়।

তারের ব্যাস নির্ণয় :

স্ক্রু-গেজ দ্বারা তারের ব্যাস নির্ণয় করিতে হইলে সর্বপ্রথম যন্ত্রের লঘিষ্ঠ-ধ্রুবক (least count) বাহির করিয়া লইতে হইবে। অর্থাৎ এই যন্ত্র ক্ষুদ্রতম কত দৈর্ঘ্য নির্ভুলভাবে নির্ণয় করিতে পারে তাহা জানিতে হইবে। ইহা করিতে হইলে চক্রাকার স্কেলের 0-দাগ রৈখিক স্কেলের মান-রেখার সহিত মিশাও। এইবার D-টুপীটি একবার পূর্ণ ঘুরাও। ইহাতে F বেষ্টনী বা AB দণ্ডটি রৈখিক-স্কেল বরাবর কতঘর অগ্রসর হইল তাহা লক্ষ্য কর। উহাকে স্ক্রুর পিচ্ (pitch) বলা হয়। যদি 1 ঘর সরিয়া যায় তবে স্ক্রুর পিচ্ 1 mm. এখন দেখ চক্রাকার স্কেলে মোট কত ঘর আছে। পিচ্‌কে ঐ ঘর-সংখ্যা দিয়া ভাগ করিলে যন্ত্রের লঘিষ্ঠ-ধ্রুবক মিলিবে। অর্থাৎ

$$\text{লঘিষ্ঠ-ধ্রুবক} = \frac{\text{স্ক্রু-পিচ্}}{\text{চক্রাকার স্কেলের মোট ঘর-সংখ্যা}}।$$

ধর, চক্রাকার স্কেলে 100 ঘর আছে এবং স্ক্রু-পিচ্ 1 mm. এই অবস্থায় যন্ত্রের লঘিষ্ঠ-ধ্রুবক $= \frac{1}{100}$ mm. $=$ ·01 mm.

এইবার যে-তারের ব্যাস মাপিতে হইবে তাহাকে C এবং A প্রান্তদ্বয়ের মাঝে রাখিয়া D-টুপীটি আস্তে আস্তে ঘুরাও যাহাতে দুই প্রান্ত তারের গায়ে

ঠেকিয়া যায়। এখানে লক্ষ্য রাখিতে হইবে যে, প্রান্তদ্বয় যেন তারের গায়ে জোরে চাপিয়া না ধরে এবং D-টুপীটি যেন সর্বদা একই দিকে ঘুরান হয়। টুপীটি একবার এদিক একবার ওদিক—এইভাবে ঘুরাইলে নির্ণীত ফল ক্রটিপূর্ণ হইবে। এখন E-চোঙের রৈখিক-স্কেলের সর্বশেষ দৃষ্ট সংখ্যা পড়। ইহাই হইবে রৈখিক-স্কেল পাঠ। 1নং চিত্র হইতে দেখা যায় যে রৈখিক-স্কেল পাঠ 5 mm. বাকী অংশটুকু চক্রাকার স্কেল হইতে নির্ণয় করিতে হইবে। দেখ যে, মান-রেখা চক্রাকার-স্কেলের কোন্ ঘরের সহিত মিলিয়াছে। চিত্রে 20 ঘরের সহিত মিলিয়াছে। সুতরাং 20 হইবে চক্রাকার-স্কেল পাঠ। এই চক্রাকার স্কেল-পাঠকে লঘিষ্ঠ-ধ্রুবক দ্বারা গুণ করিয়া গুণফল রৈখিক-স্কেল পাঠের সহিত যোগ করিলে তারের ব্যাস পাওয়া যাইবে। অর্থাৎ

$$\text{তারের ব্যাস} = 5\text{mm.} + (20 \times {\cdot}01)\text{mm.}$$
$$= (5 + {\cdot}2)\text{mm} = 5{\cdot}2\text{mm.}$$

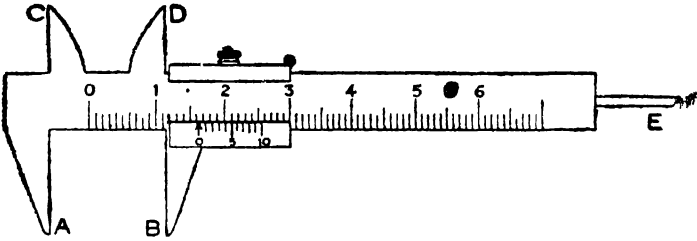
এইরূপ তারের বিভিন্ন জায়গায় এবং প্রত্যেক জায়গায় সমকোণে দুইবার করিয়া পাঠ লইয়া উহাদের গড় বাহির করিলে তারটির ব্যাস নির্ভুলভাবে নির্ণীত হইবে।

প্রশ্ন ৩। একটি স্লাইড ক্যালিপার্স এবং একটি স্ক্রু-গেজের বর্ণনা কর। উহাদের দ্বারা কিরূপে নির্ভুল পরিমাপ করা হয় তাহার বিবরণ দাও। এই যন্ত্র দুইটি কোন্ কার্যে ব্যবহৃত হয়?

[Describe a slide calliper and a screw guage and explain how they are used to get accurate measurements. To what purpose are they generally used ?] [**H. S. (Comp.), 1964**]

উঃ। স্লাইড ক্যালিপার্স:

1(a) নং চিত্রে একটি স্লাইড ক্যালিপার্সের নক্শা দেখানো হইয়াছে। যন্ত্রে AB এবং CD দুইটি দাঁড়া (Jaw)। যে-বস্তুর দৈর্ঘ্য মাপিতে হইবে তাহাকে AB দাঁড়া দুইটির মধ্যে রাখা হয়। CD দাঁড়া দুইটির সাহায্যে কোন নলের আভ্যন্তরীণ ব্যাস বা ছিদ্রের ব্যাস মাপা যায় এবং পশ্চাৎভাগের E-দণ্ডের সাহায্যে গভীরতা মাপা হয়। দীর্ঘকাল ব্যবহারের ফলে যন্ত্রের নানারূপ

ত্রুটি আসিতে পারে। ইহাকে যান্ত্রিক ত্রুটি (instrumental error) বলে। যদি কোন যান্ত্রিক ত্রুটি না থাকে তবে AB দাঁড়া দুইটিকে পরস্পরের সঙ্গে স্পর্শ করানো হইলে ভার্নিয়ারের 0-দাগ মূল-স্কেলের 0-দাগের সহিত মিলিয়া থাকে। যদি 0-দাগ দুইটি না মেলে তাহা হইলে যন্ত্রে কিছু যান্ত্রিক ত্রুটি আছে বুঝিতে হইবে। যদি ভার্নিয়ারের 0-দাগ মূল স্কেলের 0-দাগের ডান দিকে থাকে তবে সেই অবস্থায় যে-পাঠ পাওয়া যায় তাহা মূল পাঠ হইতে

চিত্র নং 1 (a)

বিয়োগ করিতে হইবে ; আর যদি ভার্নিয়ারের 0-দাগ মূল স্কেলের 0-দাগের বাঁ দিকে থাকে তবে সেই অবস্থায় যে-পাঠ পাওয়া যায় তাহা মূল পাঠের সঙ্গে যোগ দিতে হইবে। এখন, যে-বস্তুর দৈর্ঘ্য মাপিতে হইবে তাহাকে AB দাঁড়া দুইটির মাঝে বসাইয়া ভার্নিয়ারকে আস্তে আস্তে সরাইয়া আনিতে হইবে যতক্ষণ না দাঁড়া দুইটি বস্তুর দুই পাশ স্পর্শ করে। এই অবস্থায় ভার্নিয়ারের 0 দাগ মূল-স্কেলের কত ঘর পার হইয়া গিয়াছে এবং ভার্নিয়ারের কত সংখ্যক দাগ মূল-স্কেলের কোন একটি দাগের সহিত মিলিয়াছে তাহা নির্ণয় করিতে হইবে। ভার্নিয়ারের এই পাঠের সহিত ভার্নিয়ার স্থিরাঙ্ক গুণ করিয়া মূল-স্কেল পাঠের সহিত যোগ করিলে মূল পাঠ পাওয়া যাইবে। অতঃপর যান্ত্রিক ত্রুটি অনুযায়ী এই মূলপাঠ সংশোধন করিলে বস্তুর দৈর্ঘ্যের নির্ভুল পরিমাপ পাওয়া যাইবে।

স্ক্রু- গেজ : ২নং প্রশ্ন দ্রষ্টব্য।

শেষাংশ : ক্ষুদ্র দৈর্ঘ্য, যেমন— সরু চোঙের ব্যাস, গোলকের ব্যাস,

ফাঁপা চোঙের গভীরতা, সরু তারের ব্যাস, পাতলা পাতের বেধ (thickness) প্রভৃতি পরিমাপে এই যন্ত্র দুইটি সাধারণত ব্যবহৃত হয়।

প্রশ্ন ৪। স্ফেরোমিটার যন্ত্রের বিবরণ দাও। ঐ যন্ত্রের দ্বারা কোন কাচখণ্ডের বেধ কিরূপে মাপা যায় ?

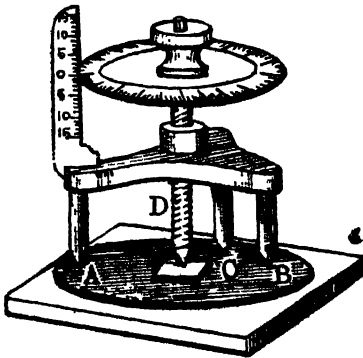
[Describe a Spherometer. How will you measure the thickness of a plate of glass with it ?]

উ: যন্ত্রের বিবরণ :

2নং চিত্রে একটি স্ফেরোমিটারের আকৃতি দেখানো হইয়াছে। এই যন্ত্রে A, B এবং C একটি ত্রিপদী আসন। উহারা পরস্পর হইতে সমান দূরে অবস্থিত—অর্থাৎ ABC একটি সমবাহু ত্রিভুজ। উক্ত ত্রিপদী আসনের মধ্যস্থলে D একটি স্ক্রু। উহার নিম্নপ্রান্ত খুব সূচাল এবং ABC ত্রিভুজের কেন্দ্রবিন্দুতে অবস্থিত। উপর প্রান্তে একটি চক্রাকার-স্কেল ও একটি টুপী আছে। টুপীটি ঘুরাইলে চক্রাকার-স্কেল ঘুরিবে এবং D-স্ক্রু উপর-নীচ যাতায়াত করিবে। চক্রাকার-স্কেলের গা স্পর্শ করিয়া একটি খাড়া রৈখিক-স্কেল আছে। স্কেলটি সাধারণতঃ মিলিমিটারে দাগ কাটা থাকে। চক্রাকার স্কেল ও রৈখিক স্কেল লক্ষ্য করিলে টুপীটির একবার পূর্ণ আবর্তনে D-স্ক্রুর কতটা অগ্রসর হয় তাহা সহজেই নির্ণয় করা যায়।

চিত্র নং 2

কাচখণ্ডের বেধ নির্ণয় :

স্ফেরোমিটার ব্যবহার করিতে হইলে সর্বপ্রথম ইহার লঘিষ্ঠ-ধ্রুবক নির্ণয় করিতে হইবে। টুপী ঘুরাইয়া চক্রাকার-স্কেলের 0-দাগ রৈখিক স্কেলের 0-দাগের সহিত মিশাও। এইবার টুপীটিকে পূর্ণ একবার ঘুরাও। দেখ যে, চক্রাকার স্কেল রৈখিক-স্কেল বরাবর কত ঘর অগ্রসর হইল। উহাই হইল স্ক্রু-র পিচ্। যদি

1 ঘর অগ্রসর হয় তবে স্ক্রু-পিচ্ 1 mm. ঐ পিচ্‌কে চক্রাকার-স্কেলের মোট ঘর-সংখ্যা দিয়া ভাগ করিলে যন্ত্রের লঘিষ্ঠ ধ্রুবক মিলিবে। অর্থাৎ

$$\text{লঘিষ্ঠ-ধ্রুবক} = \frac{\text{স্ক্রু-পিচ্}}{\text{চক্রাকার স্কেলের মোট ঘর-সংখ্যা}}\text{।}$$

এইবার একটি বড় সমতল কাচের প্লেটের উপর যন্ত্রটিকে বসাও। টুপীটি আস্তে আস্তে ঘুরাও যাহাতে D-স্ক্রুটি নীচে নামে এবং সূচাল মুখ কাচের প্লেটকে সদ্য স্পর্শ করে। ঘুরান বেশী হইলে যন্ত্রটি একটু কাত হইয়া থাকিবে এবং স্পর্শ করিলে ঠক্ ঠক্ করিবে। ঘুরান কম হইলে সূচাল-মুখ এবং উহার ছায়ার ভিতর একটু দূরত্ব থাকিবে। এইভাবে পরীক্ষা করিয়া সূচাল-মুখকে কাচখণ্ডের সহিত সদ্য লাগাইয়া স্কেল পাঠ করিতে হইবে। লক্ষ্য কর চক্রাকার স্কেলের ধার (edge) রৈখিক স্কেলের কোন্ পূর্ণ মিলিমিটার সংখ্যা পার হইয়া গিয়াছে। উহা রৈখিক স্কেল পাঠ। বাকী অংশ চক্রাকার-স্কেল হইতে পাঠ করিতে হইবে। দেখ যে, চক্রাকার স্কেলের কোন্ ঘর রৈখিক-স্কেল স্পর্শ করিয়াছে। উহা চক্রাকার-স্কেল পাঠ। এই পাঠকে লঘিষ্ঠ-ধ্রুবক দিয়া গুণ করিয়া গুণফল রৈখিক স্কেল-পাঠের সহিত যোগ করিলে যে পাঠ পাওয়া যাইবে তাহাকে 'প্রাথমিক পাঠ' বলা হইবে। ইহা যন্ত্রের প্রাথমিক অবস্থান নির্দেশ করে। [একথা মনে রাখিবে যে যন্ত্রে যদি কোন যান্ত্রিক ত্রুটি (instrumental error) না থাকে তবে প্রাথমিক পাঠ সর্বদা 0 হইবে।]

এইবার পরীক্ষাধীন কাচখণ্ডকে বড় কাচপ্লেটের উপর এমনভাবে রাখ যে D-স্ক্রুর সূচাল-মুখ নামিয়া আসিয়া উহাকে স্পর্শ করিতে পারে (2 নং চিত্র)। D-স্ক্রু ঘুরাইয়া সূচাল-মুখকে বেশ খানিকটা উপরে তুলিয়া লও এবং পুনরায় আস্তে আস্তে নামাইয়া আনিয়া কাচখণ্ডের সহিত সদ্য স্পর্শ করাও। এইবার পূর্বের ন্যায় রৈখিক ও চক্রাকার স্কেল পাঠ কর এবং চক্রাকার-স্কেল পাঠকে লঘিষ্ঠ-ধ্রুবক দিয়া গুণ করিয়া গুণফল রৈখিক-স্কেল পাঠের সহিত যোগ কর। প্রাথমিক ও দ্বিতীয় পাঠের বিয়োগফল কাচখণ্ডের বেধের সমান। এইরূপ কাচখণ্ডের কয়েক জায়গায় পাঠ লইয়া উহাদের গড় নির্ণয় করিলে কাচখণ্ডের বেধ নির্ভুলভাবে নির্ণীত হইবে।

প্রশ্ন ৫। নিম্নলিখিত রাশিগুলির সংজ্ঞা লেখ :—(i) ভর, (ii) আয়তন, (iii) ঘনত্ব। দুই পদ্ধতিতে উহাদের এককগুলি বল। উহাদের পারস্পরিক সম্বন্ধ কি ?

[Define the following terms :—(i) Mass, (ii) Volume, (iii) Density. Write down their units in two systems. What is the relation among the three ?]

উঃ। সংজ্ঞা :

(i) ভর : প্রত্যেক পদার্থ ই কিছু-না-কিছু বস্তু দ্বারা গঠিত। বস্তুর ভর বলিতে ঐ বস্তুতে যতখানি জড়পদার্থ (matter) থাকিবে তাহা বুঝায়।

(ii) আয়তন : প্রত্যেক বস্তুই কিছু জায়গা দখল করিয়া থাকে। বস্তু যে পরিমাণ জায়গা অধিকার করে তাহাকে বস্তুর আয়তন বলে।

(iii) ঘনত্ব : কোন পদার্থের এক ঘন আয়তনে (unit volume) যতখানি ভর থাকে তাহাকে পদার্থের ঘনত্ব বলে। *

একক :

	সি. জি. এস্	এফ. পি. এস্.
ভর	→ গ্র্যাম	— পাউণ্ড
আয়তন	→ ঘন সেন্টিমিটার	— ঘনফুট
ঘনত্ব →	গ্রাম প্রতি ঘন সেন্টিমিটার	— পাউণ্ড প্রতি ঘনফুট।

পারস্পরিক সম্পর্ক :

ধর, M = বস্তুর ভর, V = বস্তুর আয়তন এবং D = বস্তুর উপাদানের ঘনত্ব। এখন ঘনত্বের সংজ্ঞা হইতে আমরা জানি যে,

এক ঘন আয়তনে বস্তুর ভর = D

∴ V ,, ,, ,, ,, = V.D

কিন্তু বস্তুর ভর ধরা হইয়াছে M. অতএব M = V.D

অথবা ভর = আয়তন × ঘনত্ব।

***প্রশ্ন ৬। সাধারণ তুলার বিবরণ দাও। সাধারণ তুলা কি কাজে ব্যবহৃত হয় ? ভাল তুলার আবশ্যকীয় গুণ কি কি ?**

[Describe a common balance. What is its use ? What are the requisites of a good balance ?]

উঃ। তুলার বিবরণ ঃ

3 নং চিত্রে একটি সাধারণ তুলার ছবি দেখান হইল। ইহার বিবরণ নিম্নরূপ :

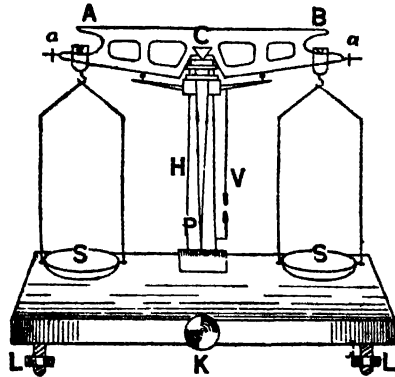
(ক) তুলাদণ্ড (Beam) AB : ইহা একটি অনুভূমিক ধাতবদণ্ড। ইহা একটি ক্ষুরধার (knife-edge) ত্রিভুজাকৃতি টুকরা C-এর উপর দোল খাইতে পারে। এই টুক্‌রাটি দণ্ডের মধ্যস্থলে আটকান এবং ইহাকে আলম্ব (fulcrum) বলে। এই ত্রিভুজাকৃতি টুক্‌রাটি একটি ইস্পাত বা এ্যাগেট প্লেটের উপর রক্ষিত। দণ্ডের দুই প্রান্তে অনুরূপ দুইটি ক্ষুরধার টুকরা আছে।

(খ) ষ্টিরাপ (Stirrup) : দণ্ডের দুই প্রান্তে দুইটি ক্ষুরধার টুকরার উপর দুইটি ষ্টিরাপ রক্ষিত। এই ষ্টিরাপ দুইটির তলায় দুইটি হুক হইতে তুলাপাত্র (Scale pan) ঝুলান থাকে।

(গ) তুলাপাত্র (Scale pan) : S ও S দুইটি সমান ওজনের তুলাপাত্র। ইহার একটিতে বাটখারা ও অন্যটিতে পরিমেয় বস্তু রাখিতে হয়।

(ঘ) স্তম্ভ (Pillar) H : ইহা একটি খাড়া দণ্ড। K চাবি দ্বারা ইহাকে প্রয়োজন মত উঠান বা নামান যায়। এই স্তম্ভের উপরে রক্ষিত এ্যাগেট প্লেটের উপর ক্ষুরধার টুকরা C বসান থাকে।

চিত্র নং 3

(ঙ) সূচক (Pointer) P : ইহা একটি তীক্ষ্ণাগ্র কাঁটা। উপর প্রান্ত তুলাদণ্ডের মধ্যস্থলে আটকান এবং তীক্ষ্ণপ্রান্ত একটি স্কেল বরাবর বাধাহীনভাবে (freely) দুলিতে পারে। তুলাদণ্ডটি ঠিক ঠিক

অনুভূমিক হইলে সূচক খাড়া থাকিবে এবং তীক্ষ্ণপ্রান্ত স্কেলের 0-দাগের সহিত মিশিয়া থাকিবে।

(চ) দণ্ডের দুই প্রান্তে দুইটি ছোট স্ক্রু (a, a) থাকে। তুলাপাত্র খালি থাকিলে তুলাদণ্ড যদি অনুভূমিক না হয় তবে ঐ স্ক্রু দুইটি ঘুরাইয়া দণ্ডকে অনুভূমিক করিতে হয়।

তুলার কার্য :

সাধারণভাবে বস্তুর ভর মাপিবার জন্য সাধারণ তুলা ব্যবহৃত হয়। প্রথমে, তুলার পাটাতনের তলায় যে তিনটি স্ক্রু (L, L) আছে তাহা ঘুরাইয়া তুলাকে লেভেল করিতে হইবে। পরে ছোট স্ক্রু (a, a) দুইটি ঠিক করিতে হইবে যাহাতে তুলাপাত্র খালি রাখিয়া সূচক 0-দাগের দুইপাশে সমানভাবে দোলে। অতঃপর পরিমেয় বস্তুকে বাম তুলাপাত্রে রাখ এবং ওজনের বাক্স হইতে প্রমাণ বাটখারা একটি একটি করিয়া ডান তুলাপাত্রে রাখ। লক্ষ্য রাখ কখন সূচক 0-দাগের দুইপাশে সমানভাবে দোলে। ঐ অবস্থায় ডান তুলাপাত্রে রক্ষিত বাটখারার মোট ভর বস্তুটির ভরের সমান।

ভাল তুলার আবশ্যক গুণ :

নিম্নলিখিত গুণগুলি থাকিলে তুলাকে ভাল বলা হইবে :

(1) তুলা **সুবেদী** (sensitive) হওয়া প্রয়োজন অর্থাৎ দুই তুলাপাত্রে রক্ষিত দুই বস্তুর ভরের সামান্য তফাত থাকিলে দণ্ডটি কাত হইয়া যাইবে—অনুভূমিক থাকিবে না।

(2) তুলা **নির্ভুল** (true) হওয়া প্রয়োজন। অর্থাৎ সমান ভরের দুই বস্তু দুই তুলাপাত্রে রাখিলে অথবা দুই তুলাপাত্র খালি থাকিলে তুলাদণ্ড অনুভূমিক থাকিবে।

(3) তুলা **প্রতিষ্ঠ** (stable) হওয়া প্রয়োজন। অর্থাৎ সূচকটি একবার আন্দোলিত হইয়া পুনরায় সাম্য-অবস্থানে শীঘ্র ফিরিয়া আসিবে—দীর্ঘ সময় ধরিয়া আন্দোলিত হইবে না।

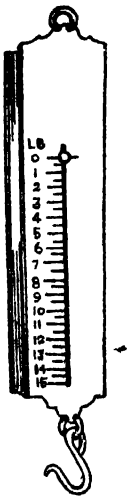
(4) তুলা **দৃঢ়** (rigid) হওয়া প্রয়োজন। অর্থাৎ তুলার বিভিন্ন অংশগুলি মজবুত হইবে।

প্রশ্ন ৭। স্প্রিং তুলার বিবরণ ও কার্যপ্রণালী ব্যাখ্যা কর। "সাধারণ তুলাদ্বারা আমরা দুইটি বস্তুর ভর তুলনা করিতে পারি, কিন্তু স্প্রিং তুলা দ্বারা কোন বস্তুর ওজন মাপিতে পারি"—এই বাক্যটির যথার্থতা বুঝাইয়া দাও।

[Describe and explain the action of a spring balance. "In a common balance we compare masses of two bodies while from a spring balance we get the true weight of a body". Explain.] [*cf.* **H. S. Exam., 1960**]

উঃ। বিবরণ ও কার্যপ্রণালী ঃ

4 নং চিত্রে একটি স্প্রিং তুলার আকৃতি ও 5 নং চিত্রে উহার ভিতরের অংশ দেখান হইয়াছে। ইহার সাহায্যে কোন বস্তুর ওজন সরাসরি নির্ণয় করা যায়।

এই যন্ত্রে একটি ইস্পাতের প্যাচালো স্প্রিং থাকে। স্প্রিংটিকে একটি ধাতব আবরণের ভিতর রাখা হয়। স্প্রিংয়ের উপর প্রান্ত আবরণের উপরে রক্ষিত একটি আংটার সহিত যুক্ত এবং নীচের প্রান্ত একটি ঋজুদণ্ডের সহিত যুক্ত। দণ্ডের শেষে একটি হুক হইতে পরিমেয় বস্তু ঝুলান যাইতে পারে। যন্ত্রের সম্মুখভাগ একটি প্লেট দ্বারা আবৃত এবং ঐ প্লেটে একটি সরু ও লম্বা ছিদ্র আছে। ছিদ্রের গা বরাবর পাউণ্ড অথবা গ্র্যামে দাগ কাটা একটি স্কেল আঁকা। ঋজুদণ্ডের সহিত একটি সূচক যুক্ত থাকে এবং সূচকের তীক্ষ্ণ প্রান্ত ছিদ্র দিয়া বাহির হইয়া স্কেলের গা বরাবর চলাচল করিতে পারে। স্প্রিংটি কোন কারণে দৈর্ঘ্যে বাড়িলে সূচকও স্কেল বাহিয়া নামিয়া আসে। যখন

চিত্র নং 4

চিত্র নং 5

কোন দ্রব্য হুকে ঝুলান হয় তখন দ্রব্যের ওজন অনুসারে স্প্রিংয়ের উপর একটি

টান পড়ে। ইহাতে স্প্রিংয়ের দৈর্ঘ্যের প্রসারণ হয় এবং সূচকও স্কেল বাহিয়া নামিয়া আসে। স্কেল হইতে সূচকের অবস্থান পাঠ করিলে বস্তুর ওজন পাওয়া যায়।

স্প্রিং তুলা ও সাধারণ তুলার পার্থক্য ঃ

স্প্রিং তুলার কাযনীতির সহিত সাধারণ তুলার কার্যনীতির পার্থক্য আছে। সাধারণ তুলায় পরিমেয় দ্রব্য এক তুলাপাত্রে রাখিয়া অন্য তুলাপাত্রে প্রমাণ বাটখারা রাখিয়া ওজন করা হয়। কোন নির্দিষ্ট স্থানে অভিকর্ষজ ত্বরণ সকল বস্তুতে সমান হওয়ায় উক্ত পদ্ধতিতে আমরা পরিমেয় বস্তুটির ভর পাইয়া থাকি—ওজন পাই না। একই তুলা, বস্তু ও বাটখারা বিভিন্ন স্থানে লইয়া ওজন করিলে বস্তুর ওজনের পার্থক্য ধরা যাইবে না, কারণ, স্থানভেদে অভিকর্ষজ ত্বরণের পরিবর্তন বস্তু ও বাটখারাতে সমভাবে প্রযুক্ত হইবে। কাজেই একই পরিমাণ বাটখারা দ্বারা কোন একটি বিশেষ বস্তুকে পৃথিবীর সর্বত্রই ওজন করা চলিবে। কিন্তু স্প্রিং তুলার বেলায় তাহা হইবে না। হুকে ঝুলান বস্তুকে পৃথিবী যে বলে (force) আকর্ষণ করে, সেই বল অনুযায়ী স্প্রিংয়ের প্রসারণ হয় বলিয়া স্প্রিং তুলা হইতে সরাসরি বস্তুটির ওজন জানিতে পারা যায়। পৃথিবীর বিভিন্ন স্থানে বস্তুর উপর পৃথিবীর আকর্ষণ বিভিন্ন হইবে—অর্থাৎ ওজন বিভিন্ন হইবে। সুতরাং কোন বস্তু ও স্প্রিং তুলাকে পৃথিবীর বিভিন্ন স্থানে লইয়া গেলে স্প্রিংয়ের প্রসারণ বিভিন্ন হইবে এবং ওজনের তারতম্য ধরা পড়িবে।

এই কারণে বলা হয় যে, সাধারণ তুলা দ্বারা আমরা দুইটি বস্তুর ভর তুলনা করিতে পারি, কিন্তু স্প্রিং তুলা দ্বারা কোন বস্তুর ওজন মাপিতে পারি।

প্রশ্ন ৮। বস্তুর ওজনের সংজ্ঞা লেখ। যে যন্ত্রের সাহায্যে বস্তুর ওজন সরাসরি নির্ণয় করা হয় তাহার বর্ণনা দাও। যন্ত্রের একটি সুন্দর নকশা আঁক।

[Define 'weight of a body'. Describe an instrument by which the weight of a body can directly be measured. Give a neat diagram of the instrument.] **[H. S. Exam., 1960]**

উঃ। বস্তুর ওজন ঃ কোন বস্তু পৃথিবী কর্তৃক মোট যে-বলের দ্বারা

আকর্ষিত হয় উহাকে বস্তুর ওজন বলে। যদি বস্তুর ভর হয় '*m*' এবং কোন স্থানের অভিকর্ষজ ত্বরণ '*g*' হয় তবে ঐ স্থানে ঐ বস্তুর ওজন $= m.g.$

দ্বিতীয় ও তৃতীয় অংশের উত্তরের জন্য প্রশ্ন ৭ দ্রষ্টব্য।

অঙ্ক

1. যদি ভার্নিয়ারের 20 ঘর মূল-স্কেলের 19 ঘরের সহিত মেলে তবে ভার্নিয়ার স্থিরাঙ্ক কত? (মূল স্কেলের 1 ঘর = 1 mm.)

[If 19 divisions of the main scale coincide with 20 divisions of the vernier, what is the vernier constant? One division of the main scale = 1 mm.] [H. S (Comp.), 1960]

উঃ। 20 ঘর ভার্নিয়ার = 19 ঘর মূল স্কেল

∴ 1 „ „ $= \frac{19}{20}$ „ „ „

∴ ভার্নিয়ার স্থিরাঙ্ক = 1 মূল-স্কেল ঘর — 1 ভার্নিয়ার ঘর

$= 1 - \frac{19}{20} = \frac{1}{20}$ mm.

$= \cdot 05$ mm. $= \cdot 005$ cm.

2. একটি স্ক্রু-গেজে নিম্নলিখিত পাঠ পাওয়া গেল। উহা হইতে তারের ব্যাস নির্ণয় কর:

স্ক্রু-পিচ = 5 mm; চক্রাকার স্কেলের ঘর সংখ্যা = 100.
প্রাথমিক পাঠ: রৈখিক স্কেল = 0. চক্রাকার স্কেল = 3
দ্বিতীয় পাঠ: „ = 4, „ = 83.

উঃ। যন্ত্রের লঘিষ্ঠ ধ্রুবক $= \frac{\text{স্ক্রু-পিচ}}{\text{চক্রাকার স্কেলের ঘর সংখ্যা}} = \frac{\cdot 5}{100}$ mm $= \cdot 005$mm.

এখন, মোট প্রাথমিক পাঠ = রৈখিক স্কেল পাঠ + চক্রাকার স্কেল পাঠ × ল. ধ্রু.

$= 0 + 3 \times \cdot 005$

$= \cdot 015$ mm.

„ দ্বিতীয় পাঠ $= 4 + 83 \times \cdot 005$

$= 4 \cdot 415$ mm.

সুতরাং তারের ব্যাস $= 4 \cdot 415 - \cdot 015 = 4 \cdot 400$ mm.

3. একটি বৃত্তকার চাকতির ব্যাস 15 cm. উহার ক্ষেত্রফল কত?

[The diameter of a circular disc is 15 cm. What is its surface area?]

উঃ। আমরা জানি যে বৃত্তের ব্যাস '*d*' হইলে বৃত্তের ক্ষেত্রফল $= \frac{\pi d^2}{4}$

এক্ষেত্রে $d=15$ cm. ; $\pi=3\cdot14$.

সুতরাং নির্ণেয় ক্ষেত্রফল $=\frac{3\cdot14\times(15)^2}{4}$ sq. cm.

$=176\cdot62$ sq. cm.

4. একটি ইস্পাত ফলকের দৈর্ঘ্য 15 cm, প্রস্থ 6 cm এবং উচ্চতা 1·5 cm. উহার ওজন 1050 গ্র্যাম হইলে ইস্পাতের ঘনত্ব নির্ণয় কর।

[A steel slab has length 15 cm., breadth 6 cm and height 1·5 cm. If its mass is 1050 gms, find the density of steel.]

উঃ। এস্থলে ফলকের আয়তন = দৈর্ঘ্য × প্রস্থ × উচ্চতা

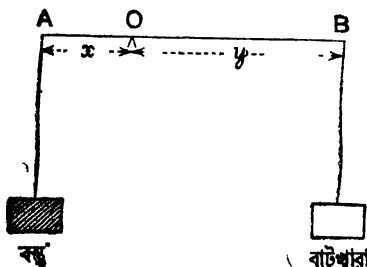
$=15\times6\times1\cdot5$ c.c.

135 c.c.

সুতরাং ইস্পাতের ঘনত্ব $=\frac{\text{ফলকের ওজন}}{\text{ফলকের আয়তন}}=\frac{1050}{135}=7\cdot77$ gms/c.c.

5. ওজনের জন্য একটি সাধারণ তুলাযন্ত্র ব্যবহার করা হইল। যন্ত্রের দুই বাহুর দৈর্ঘ্য সমান নয়। কোন একটি বস্তুকে দুই তুলাপাত্রে রাখিয়া ওজন করিলে উহার আপাত ওজন যথাক্রমে 100 এবং 102·01 gm. হইল। তুলার দুই বাহুর দৈর্ঘ্যের অনুপাত নির্ণয় কর।

[An ordinary beam balance, with unequal arms, is used for weighing. The apparent weights of the same body, when placed in two pans, are respectively 100 and 102·01 gm. Find the ratio of the arms of the balance.] [H. S. (Comp.), 1962]

উঃ। ধর, তুলাদণ্ডের দুই বাহুর দৈর্ঘ্য x এবং y ; অর্থাৎ $OA=x$ এবং $OB=y$ [Fig. 5 (a)] ; মনে কর, বাম তুল পাত্রে বস্তু রাখা হইল এবং ডান তুলাপাত্রে 100 gm. বাটখারা রাখিয়া তুলাদণ্ড অনুভূমিক হইল। এক্ষেত্রে $x\times W=y\times100\cdots$(i),

চিত্র নং 5 (a)

আবার, ডান তুলাপাত্রে 102·01 gm. রাখিয়া তুলাদণ্ড অনুভূমিক হইলে, $102\cdot01\times x=W\times y\cdots$(ii)

(i) এবং (ii) সমীকরণ গুণ করিলে, $102.01 \times x^2 = 100y^2$

$$\therefore \frac{x^2}{y^2} = \frac{100}{102.01} \quad \therefore \frac{x}{y} = \frac{10}{10.1}$$

6. পূর্বে পেট্রল গ্যালন হিসাবে বিক্রয় হইত। এখন লিটার হিসাবে বিক্রয় হয়। যদি 1 gallon-এর পরিবর্তে এখন 5 litre কিনিতে হয়, তাহা হইলে পেট্রলের বাবদ শতকরা কত খরচা বৃদ্ধি পাইল নির্ণয় কর। (1 gallon জলের ওজন 10 lbs.)।

[Petrol, which was used to be sold in gallons, is now sold in litres. Find the percentage increase in the cost of petrol, if instead of 1 gallon one has to purchase 5 litres. Given 1 gallon of water weighs 10 lbs]

[**H. S. Exam , 1963**]

উঃ। 1 gallon জলের ওজন = 10 lbs.

$= 10 \times 453.6 = 4536$ gms.

5 litre জলের ওজন = 5000 gms.

যদি পেট্রলের আপেক্ষিক গুরুত্ব S ধরা যায়, তবে 1 gallon পেট্রলের ওজন $= 4536 \times S$ gms. এবং 5 litre পেট্রলের ওজন $5000 \times S$ gms.

সুতরাং 1 gallon-এর স্থলে 5 litre পেট্রল কিনিতে হইলে,

প্রতি 4536 S gms-এ অতিরিক্ত খরচ পড়িল $(5000-4536) \times S$ gms-এর

অথবা ,, 1 ,, ,, ,, $\frac{464 \times S}{4536 \times S}$,,

$\therefore$,, 100 ,, ,, ,, $\frac{464 \times S \times 100}{4563 \times S} = 10.2\%$

7. এক সের অপেক্ষা এক কিলোগ্রাম কত ভারী? 40 সেরের ওজন 82·2 lbs ; তোমার উত্তর গ্রামে প্রকাশ কর।

[How much heavier is a Kilogram than a seer, if 40 seers weigh 82·2 lbs ? Express your result in grammes]

[**H. S. Exam., 1963**

উঃ। 40 সের 82·2 lbs.

$= 82.2 \times 453.6 = 37285.92$ gms.

$= 37.28$ Kilograms.

অর্থাৎ $1 \text{ সের} = \frac{37.28}{40} = 0.93$ Kilo

সুতরাং 1 Kilo 1 সের অপেক্ষা $(1-0.93) = .07$ Kilo = 70 gms. ভারী।

অনুশীলনী

1. একটি ভার্নিয়ার স্কেল লক্ষ্য করিয়া দেখিলে যে,

7 ঘর মূল স্কেল = 8 ঘর ভার্নিয়ার স্কেল এবং 16 ঘর মূল স্কেল = 1 ইঞ্চি। ভার্নিয়ার স্থিরাঙ্ক নির্ণয় কর।

[On examination of a vernier scale you fin d that,

7 main scale div. = 8 vernier div.

16 ,, ,, ,, = 1 inch,

What is the V,C. ?] [উ: ·0078 inch.]

[H. S. (Comp.), 1964]

2. স্ক্রু গেজের নিম্নলিখিত পাঠ হইতে একটি তারের প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল নির্ণয় কর।

স্ক্রু-পিচ = $\frac{1}{2}$ mm ; চক্রাকার স্কেলের ঘর-সংখ্যা = 50

প্রথম পাঠ : রৈখিক স্কেল = 0 ; চক্রাকার স্কেল = 5

দ্বিতীয় পাঠ : ,, = 1 ; ,, = 47

[উ: ·0158 sq. cm.]

[*সংকেত : তারের প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল* = πr^2 ; r = *তারের ব্যাসার্ধ*]

3. একটি স্ক্রু-গেজের রৈখিক স্কেল প্রতি ইঞ্চিতে 40টি ভাগ আছে এবং চক্রাকার স্কেলে মোট ভাগ আছে 50টি। স্ক্রুর 10 বার পূর্ণ আবর্তনে স্ক্রু-শীর্ষ রৈখিক স্কেল বরাবর 10 ঘর অগ্রসর হয়। স্ক্রু-র পিচ্ কত? স্ক্রু-গেজের লঘিষ্ঠ ধ্রুবক কত? কোন দৈর্ঘ্য মাপিয়া রৈখিক স্কেলে 9 ঘর এবং চক্রাকার স্কেলে 19 ঘর পাঠ পাওয়া গেলে ঐ দৈর্ঘ্য কত?

[The linear scale of a screw-gauge has 40 divisions to the inch. The circular seale has 50 divisions. For 10 full turns of the screw, the screw-head advances 10 divisions on the linear sca le. What is the pitch of the screw? What is the least count of the screw-gauge? What length corresponds to a reading of 9 divisions on the linear scale with 19 divisions of the circular scale ?] [Ans. $\frac{1}{40}$ inch. ·0005 inch ; 0·2345 inch]

[H. S. (Comp.) 1965]

4. ক্ষেরোমিটারের নিম্নলিখিত পাঠ হইতে এক টুকরা কাচের বেধ নির্ণয় কর :

স্ক্রু-পিচ্ = ·5 mm ; চক্রাকার স্কেলের ঘর-সংখ্যা = 100

প্রথম পাঠ : রৈখিক স্কেল = 0 ; চক্রাকার স্কেল = 87

দ্বিতীয় পাঠ : " " = 2·5 " " = 63.

[উ: 2·38 mm.]

5. একটি গোলকের উপরতলের ক্ষেত্রফল 400 sq. cm, উহার ব্যাসার্ধ কত ?

[The surface area of a sphere is 400 sq. cm. What is its radius ?]

[উ: 5·5 cm. (প্রায়)]

(সংকেত : গোলকের উপরতলের ক্ষেত্রফল = $4\pi r^2$)

6. একটি বৃত্তাকার চাকতির ব্যাস 14 cm. উহার ক্ষেত্রফল কত ?

[The diameter of a circular disc is 14 cm. What is its area ?

[উ: 154 sq. cm.]

7. একটি কাঠের ফলকের দৈর্ঘ্য 5 cm., প্রস্থ 4 cm. এবং উচ্চতা 10 cm. উহার ওজন 170 গ্র্যাম হইলে কাঠের ঘনত্ব নির্ণয় কর।

[A wooden block is 5 cm. in length, 4 cm, in breadth and 10 cm. in height. If it weighs 170 gms,, calculate the density of wood.]

[উ: 0.85 gms/c, c.]

8. কোন ব্যারোমিটারের উচ্চতা নির্ণয়ে যে ভার্নিয়ার ব্যবহৃত হইল তাহার স্থিরাঙ্ক ·05 mm এবং দেখা গেল যে মূল স্কেল পাঠ 756 mm এবং ভার্নিয়ারের 16 দাগ মূল-স্কেলের কোন একটি দাগের সহিত মিলিয়াছে। এক্ষেত্রে ব্যারোমিটারের উচ্চতা কত ?

[In reading the height of the mercury column in a barometer the vernier used had vernier constant ·05 mm, and it was found that the main scale reading is 756 mm. and the 16th division of the vernier scale coincides with a division of the main scale. What value does this give for the barometric height ?]

[H. S. (Comp.), 1960]

[সংকেত : ব্যারোমিটার পাঠ = মূল স্কেল পাঠ + ভার্নিয়ার পাঠ × ভার্নিয়ার স্থিরাঙ্ক

= 756 + 16 × ·05 = 756 + ·8 = 756·8 mm.]

9. একটি 1000 yd. রেসকোর্সকে পরিবর্তন করিয়া 1000 metre-এ পরিণত করা হইল। ইহাতে রেসকোর্সটি কতখানি বৃদ্ধি পাইল তাহা মেট্রিক পদ্ধতিতে নির্ণয় কর। (1 গজ = 0·9144 metre)

[A 1000 yd. race-course is converted into a 1000 metre race-course. Find, in metric system, the elongation of the course]

[উঃ 85 6 metres]

10. একজন খরিদ্দার বাজারে গিয়া দোকানদারের নিকট 10 সের চাউল, 4 গ্যালন তেল এবং 5 গজ কাপড় চাহিল। ভুলক্রমে দোকানদার তাহাকে 10 kilo চাউল, 20 লিটার তৈল এবং 5 মিটার কাপড় দিল। প্রতি ক্ষেত্রে দোকানদারের কত ক্ষতি হইল তাহা মেট্রিক পদ্ধতিতে নির্ণয় কর।

[A person went to the market and asked the salesman to give him 10 seers of rice, 4 gallons of oil and 5 yards of cloth. Through mistake, the salesman gave him 10 kilo of rice, 20 litres of oil and 6 metres of cloth. Calculate the loss of the salesman in each case in metric system.]

[উঃ চাউলে 0·7 kilo , তেলে 1 84 litre , কাপড়ে 0·45 metre]

11. একটি জলাশয়ের দৈর্ঘ্য, প্রস্থ ও উচ্চতা সমান। উহাতে 1000 gallons জল আছে। জলাশয়ের উচ্চতা মিটারে নির্ণয় কর।

[The length, breadth and height of a tank are all equal It contains 1000 gallons of water. Find its depth in metres.]

[উঃ 1 66] [H. S. Exam., 1965]

12. একটি 150 ft. দীর্ঘ রেল লাইনকে $10°$ কোণে বাঁকাইতে হইবে। লাইনটি বৃত্তের চাপের আকারে বাঁকাইলে উহার বক্রতা-ব্যাসার্ধ কত হইবে?

[A railway line of length 150 ft. is to curve through $10°$. If the line forms an arc of a circle, what is the radius of curvature ?

[H. S. (Comp.), 1963]

[সংকেত : আমরা জানি, $1° = \frac{\pi}{180}$ রেডিয়ান।

$$\therefore \quad 10° = \frac{\pi}{18} = \frac{3{\cdot}14}{18} \text{ রেডিয়ান।}$$

এখন, বক্রতা-ব্যাসার্ধ 'r' হইলে,

$$\frac{\text{চাপের দৈর্ঘ্য}}{r} = \text{রেডিয়ান কোণ}$$

অথবা, $$\frac{150}{r} = \frac{3{\cdot}14}{18} \quad \therefore \; r = \frac{150 \times 18}{3{\cdot}14} = 859 \text{ ft.}$$]

উদস্থিতি বিদ্যা

প্রথম পরিচ্ছেদ

তরলের চাপ ও আর্কিমিডিসের সূত্র

প্রশ্ন ১। তরলের ঘাত ও চাপের মধ্যে পার্থক্য কি? তরলের মধ্যস্থিত কোন বিন্দুতে তরলের চাপের পরিমাণ কত?

[What is the difference between the 'thrust' and the 'pressure' of a liquid? What is the pressure at a point inside a liquid?] [*cf.* **H. S. (Comp.), 1960, '62**]

উঃ। ঘাত ও চাপের পার্থক্য ঃ

কোন পাত্রে তরল পদার্থ রাখিলে তরল ঐ পাত্রের দেওয়ালে ও তলদেশে বলপ্রয়োগ করে। প্রতি একক ক্ষেত্রে (unit area) তরল যে বলপ্রয়োগ করে, তাহাকে তরলের চাপ বলে।

তরলের 'ঘাত' বলিতে তরল-সংলগ্ন কোন ক্ষেত্রের উপর তরল মোট যে বলপ্রয়োগ করে তাহাই বুঝায়। ধর, কোন ক্ষেত্রের ক্ষেত্রফল $=A$ এবং উক্ত ক্ষেত্রের প্রত্যেক বিন্দুতে তরলের চাপ $=P$.

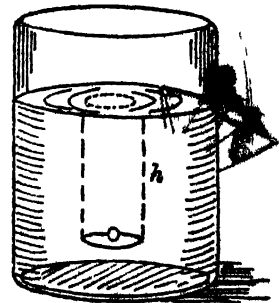
সুতরাং উক্ত ক্ষেত্রে তরল-প্রদত্ত মোট চাপ $=P \times A$.

অর্থাৎ ঘাত $=P \times A=$ চাপ $\times$ ক্ষেত্রফল।

কোন বিন্দুতে চাপের পরিমাণ ঃ

ধর, O বিন্দুতে তরলের চাপ নির্ণয় করিতে হইবে। O বিন্দুর গভীরতা h (6 নং চিত্র)। O বিন্দুর চতুর্দিকে একটি একক ক্ষেত্রফল কল্পনা কর। ঐ একক ক্ষেত্রফলের উপর দণ্ডায়মান তরলস্তম্ভের ওজন O বিন্দুতে চাপের সমান।

এখন, ঐ তরলস্তম্ভের আয়তন

$=$ ভূমির ক্ষেত্রফল $\times$ উচ্চতা $=1 \times h$

চিত্র নং 6

সুতরাং ঐ তরলস্তম্ভের ভর = আয়তন × ঘনত্ব

$= h \times d$ [d = তরলের ঘনত্ব]

অতএব " " ওজন = ভর × অভিকর্ষজ ত্বরণ = $h \times d \times g$

∴ O বিন্দুতে চাপ = $h \times d \times g$

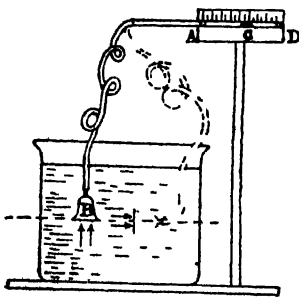
= বিন্দুর গভীরতা × তরলের ঘনত্ব × অভিকর্ষজ ত্বরণ।

প্রশ্ন ২। তরল মধ্যস্থিত কোন বিন্দুতে তরল চতুর্দিকে চাপ দেয় তাহা পরীক্ষামূলকভাবে কিরূপে প্রমাণ করিবে?

[How would you prove experimentally that a liquid exerts pressure in all directions ?]

[H. S. (Comp), 1960]

উঃ। নিম্নলিখিত পরীক্ষা দ্বারা ইহা প্রমাণ করা যাইবে :

B-একটি কাচের ফানেল। একটি সরু রবার নল দ্বারা ফানেলটি AD কাচদণ্ডের সহিত যুক্ত (7 নং চিত্র)। কাচনলটি ফাঁপা এবং উহার ভিতর এক ফোঁটা রঙিন জল রাখা আছে। উহা সূচকের কাজ করিবে (ছবিতে c)। কাচনলটি অনুভূমিক ভাবে একটি ফ্রেমে আবদ্ধ এবং একটি স্কেল উহার গায়ে আটকান। B-ফানেলের মুখ এক টুকরা পাতলা রবার দিয়া আটকাইয়া জলের ভিতর ডুবাইলে দেখা যাইবে যে, সূচক ডানদিকে সরিয়া গিয়াছে। ইহা প্রমাণ

চিত্র নং 7

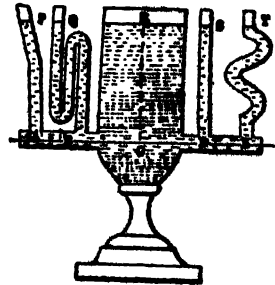
করে যে, ফানেল যে স্থানে আছে ঐ স্থানে তরল ঊর্ধ্বচাপ প্রয়োগ করিতেছে, কারণ, এই চাপের ফলে ফানেল, রবার নল ও কাচনলের বায়ু চাপ খাইয়া সংকুচিত হয় এবং রঙিন জলের ফোঁটাকে ডান দিকে সরাইয়া দেয়। এইবার ফানেলটিকে একই গভীরতায় রাখিয়া উপরে, নীচে, চতুর্দিকে ঘুরাও। দেখিবে যে সূচকটি এক জায়গায় স্থির আছে। ইহা প্রমাণ করে যে কোন বিন্দুতে তরল চতুর্দিকে চাপ প্রয়োগ করে এবং চাপ সব দিকে সমান।

প্রশ্ন ৩। তরলের 'সম লেভেল প্রবণতা' বলিতে কি বোঝ? ইহার উপযুক্ত পরীক্ষা বর্ণনা কর। ব্যবহারিক ক্ষেত্রে ইহার কি প্রয়োগ আছে?

[What do you mean by 'liquid finds its own level'? Describe a suitable experiment to illustrate it. What is its practical application?]

উঃ। তরলের উপরিস্থিত তল সর্বদা সমতল ও অনুভূমিক হয়—কখনও উঁচু-নীচু হয় না। পুকুরের তলায় সব অংশ সমান গভীর না হইলেও জলের উপরিভাগ সর্বদা সমতল ও অনুভূমিক হয়। আমরা জানি যে U-আকৃতির নলের এক বাহুতে জল ঢালিলে জল দুই বাহুতেই সমান উঁচুতে ওঠে। এক বাহু অপর বাহু অপেক্ষা মোটা বা সরু হইলেও কিছু আসে যায় না। এই ব্যাপারকে তরলের সম-লেভেল প্রবণতা বলে। নিম্নের পরীক্ষা দ্বারা ইহা আরো ভালোভাবে বোঝা যাইবে ;

বিভিন্ন আকার ও সাইজের কতকগুলি পাত্র একটি নল দ্বারা সংযুক্ত। 8 নং চিত্রে P, Q, R, S, T ঐ পাত্রগুলি। এখন যে কোন একটি পাত্রে জল ঢাল। দেখিবে যে, অন্য পাত্রগুলিতেও জল প্রবেশ করিয়াছে এবং উহাদের উচ্চতা সমান হইয়াছে। ইহার কারণ এই যে স্থির তরলের যে-কোন অনুভূমিক তলের উপরে চাপ সর্বত্র সমান।

চিত্র নং 8

তরলের সম-লেভেল প্রবণতা গুণকে ব্যবহারিক ক্ষেত্রে প্রয়োগ করিয়া সহরে জল সরবরাহ করা হয়। উচ্চস্থানে একটি জলাধার রাখিয়া পাম্প দ্বারা উহা জলভর্তি করা হয়। ঐ জলাধার হইতে মোটা পাইপ সহরের বিভিন্ন অংশে লইয়া যাওয়া হয় এবং মূল পাইপ হইতে শাখা-পাইপ বিভিন্ন বাড়ীতে দেওয়া হয়। যে চাপে বাড়ীতে জল সরবরাহ হইবে তাহা আধারের উচ্চতার উপর নির্ভর

করে। যখন আধার হইতে জল পাইপে ছাড়া হয় তখন সম-লেভেল প্রবণতা-গুণে জলের চেষ্টা হইবে প্রত্যেক পাইপ বাহিয়া আধারের তল (level) পর্যন্ত উঠিবার। সুতরাং সহজেই সহরের বাড়ীতে জল সরবরাহ হইবে।

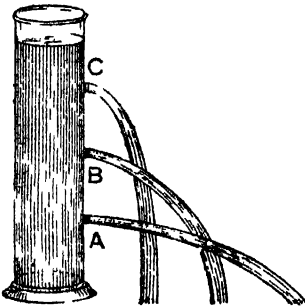
প্রশ্ন ৪। একটি সহজ পরীক্ষা দ্বারা প্রমাণ কর যে স্থির তরলের কোন বিন্দুতে চাপ বিন্দুটির গভীরতার উপর নির্ভর করে।

[Describe a simple experimental arrangement to prove that the pressure at a point within liquid, at rest, depends on the height of the liquid above the point.]

[H. S. Exam , 1962]

উঃ। আমরা জানি, 'h' গভীরতায় কোন বিন্দুর উপর তরল যে চাপ প্রদান করে তাহা $= h \times d \times g$.

যেহেতু, তরলের ঘনত্ব d এবং 'g' র মান কোন তরলের ক্ষেত্রে ধ্রুবক, কাজেই চাপ $\propto$ গভীরতা। ইহা নিম্নলিখিত সহজ পরীক্ষা দ্বারা প্রমাণ করা যায়।

একটি লম্বা টিনের চোঙ লও এবং উহার গায়ে বিভিন্ন উচ্চতায় A, B এবং C তিনটি ছিদ্রের ব্যবস্থা কর [চিত্র নং 8 (a)]। ছিদ্রগুলি মোম দিয়া বন্ধ করিয়া চোঙটি জলপূর্ণ কর। এখন একটি পিনের সাহায্যে দ্রুত মোমগুলি ফুটা করিয়া দাও। জলের চাপে ফুটা দিয়া জলের ধারা নির্গত হইবে। লক্ষ্য করিলে দেখা যাইবে যে, সর্বনিম্ন ছিদ্র A হইতে জলধারা সবাপেক্ষা বেশী দূরে যাইতেছে এবং সর্বোচ্চ ছিদ্র C হইতে নির্গত জলধারা সর্বাপেক্ষা কম দূর যাইতেছে। ইহা প্রমাণ করে যে A বিন্দুর চাপ B বিন্দুর চাপ হইতে বেশী, আবার B বিন্দুর চাপ C বিন্দু অপেক্ষা বেশী। অর্থাৎ চাপ বিন্দুর গভীরতার উপর নির্ভর করে।

চিত্র নং 8 (a)

***প্রশ্ন ৫। তরলের চাপ সঞ্চালন সম্পর্কিত পাস্কালের সূত্র বল এবং পরীক্ষাগারে উহার সত্যতা নিরূপণের উপযুক্ত পরীক্ষা বর্ণনা কর।**

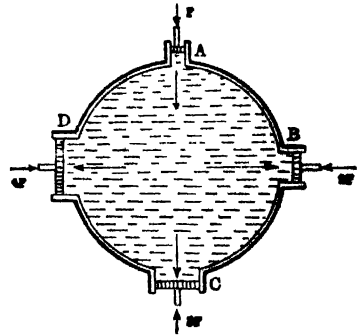
[State Pascal's Law regarding the transmission of pressure in a liquid and describe suitable experiment to verify it in the laboratory.] **[H. S. (Comp.), 1961, '64]**

উঃ। পাস্কালের সূত্র ঃ

(কোন আবদ্ধ (confined) তরলের যে-কোন অংশে চাপ প্রয়োগ করিলে তরল মান অপরিবর্তিত রাখিয়া সেই চাপ (undiminished magnitude) সর্বদিকে সঞ্চালিত করে এবং এই সঞ্চালিত চাপ তরল-সংলগ্ন পাত্রের উপর লম্বভাবে ক্রিয়া করে।) ইহাকে পাস্কালের সূত্র বলে।

সত্যতা পরীক্ষা ঃ

9নং চিত্রে একটি আবদ্ধ পাত্রে দেখান হইযাছে। ঐ পাত্রে A, B, C, D চারিটি ছিদ্র। ঐ ছিদ্রগুলি জলনিরুদ্ধ (water tight.) গতিশীল পিস্টন দ্বারা বন্ধ করা আছে। পাত্রটি জলপূর্ণ করিয়া যদি A-পিস্টনে চাপ দেওয়া যায় তবে দেখা যাইবে যে, অন্য পিস্টনগুলি বাহিরের দিকে সরিয়া গেল। ইহা প্রমাণ করে যে A-পিস্টন কর্তৃক প্রযুক্ত চাপ জল সর্বত্র সঞ্চালিত করে।

চিত্র নং 9

এখন মনে কর যে A-পিস্টনের যা ক্ষেত্রফল B-পিস্টনের তাহা অপেক্ষা দ্বিগুণ, C-পিস্টনের তিনগুণ এবং D-পিস্টনের চার গুণ। যদি A-পিস্টনে F বলপ্রয়োগ করা হয় তবে অন্যান্য পিস্টনগুলিকে স্থির রাখিতে হইলে B-পিস্টনে 2F, C পিস্টনে 3F এবং D-পিস্টনে 4F বলপ্রয়োগ করিতে হইবে। ইহা হইতে প্রমাণ হয় যে মান অপরিবর্তিত রাখিয়া প্রযুক্ত চাপ সর্বত্র সঞ্চালিত হয়। তাছাড়া পিস্টনগুলির সরিয়া

আসিবার অভিমুখ লক্ষ্য করিলে বোঝা যাইবে যে সঞ্চালিত চাপ পিস্টনগুলির উপর লম্বভাবে ক্রিয়া করে।

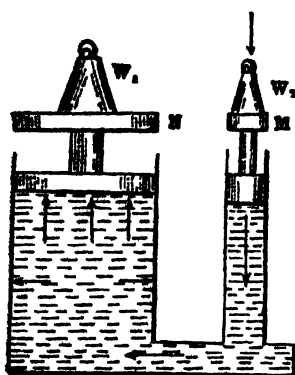
প্রশ্ন ৬। হাইড্রলিক প্রেসের নীতি ও কার্যপ্রণালী বর্ণনা কর এবং উহাতে উৎপন্ন মোট ঘাতের পরিমাণ নির্ণয় কর।

[Describe the principle and action of a Hydraulic Press and calculate the total thrust developed]

[H. S. Exam., 1961]

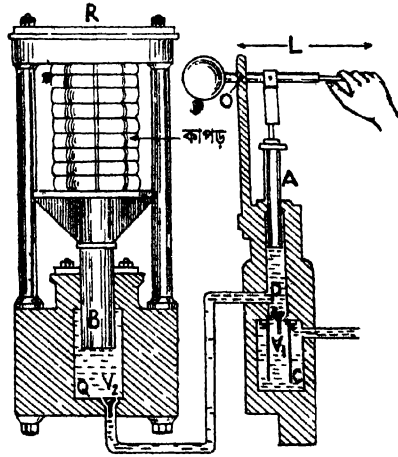
উঃ। নীতিঃ

হাইড্রলিক প্রেসের নীতিকে ঘাত বৃদ্ধির নীতি (Principle of multiplication of thrust) বলে। এই নীতি পাস্কালের সূত্র হইতে পাওয়া যায়। নিম্নের বিবরণ হইতে এই নীতি সহজে বোঝা যাইবে।

10 নং চিত্রে দুইটি চোঙ্ দেখান হইয়াছে। উহারা পরস্পর সংযুক্ত। একটি চোঙ্ সরু এবং অপরটি মোটা। সরু চোঙে M এবং মোটা চোঙে N জল-নিরুদ্ধ পিস্টন। ধর, M-পিস্টনের প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল A এবং N-পিস্টনের B. M-পিস্টনের পাটাতনের উপর একটি ওজন W_2 চাপান আছে। ইহাতে জলের উপর যে চাপ পড়িবে তাহা $\frac{W_2}{A}$ এবং পাস্কালের সূত্রানুযায়ী জল এই চাপ সর্বত্র সঞ্চালিত করিবে। সুতরাং N-পিস্টনের প্রতি একক ক্ষেত্রফলে সঞ্চালিত চাপ $=\frac{W_2}{A}$.

চিত্র নং 10

অতএব ঐ পিস্টনটির উপর মোট ঘাত $=\frac{W_2}{A}\times B=\frac{B}{A}W_2$ অর্থাৎ N-পিস্টনকে স্থির রাখিতে হইলে উহার পাটাতনে যে ওজন চাপাইতে হইবে তাহা W_1 হইলে $W_1=\frac{B}{A}.W_2$

যদি B-এর আকার A অপেক্ষা 10 গুণ হয় তবে W_2 অপেক্ষা W_1 10 গুণ হইবে—অর্থাৎ M-পাটাতনে 1 Kilo ওজন চাপাইলে N-পাটাতনে 10 Kilo ওজন চাপান যাইবে। এই ঘাতবৃদ্ধির নীতিকে কাযকরভাবে হাইড্রলিক প্রেসে প্রয়োগ করা হইয়াছে।

বিবরণ : 11 নং চিত্রে হাইড্রলিক প্রেসের একটি নক্‌শা দেখান হইল। এই যন্ত্রে P ও Q দুইটি লোহার চোঙ্ একটি পাইপ দ্বারা সংযুক্ত। Q-চোঙের প্রস্থচ্ছেদ P-চোঙ্ অপেক্ষা অনেক বড। উভয় চোঙেই একটি করিয়া জল-নিরুদ্ধ পিস্টন আছে। P-চোঙের পিস্টনটিকে একটি লিভার L দ্বারা চালনা করা যাইতে পারে। Q-চোঙের পিস্টনটি একটি নিরেট লোহার দণ্ড (B). উহার উপরে একটি পাটাতন আছে। এই পাটাতনের কিছু উপরে কয়েকটি লোহার স্তম্ভ কর্তৃক দৃঢভাবে আবদ্ধ একটি লোহার প্লেট R অবস্থিত। কাগজ, কাপড ইত্যাদি যে সমস্ত দ্রব্যাদির উপর প্রেস কর্তৃক চাপ দিতে হইবে তাহা B-এর পাটাতনের উপর রাখা হয়। একটি জলাধার C ছোট চোঙের সহিত যুক্ত। দুই চোঙে একটি করিয়া ভাল্‌ভ V_1 ও V_2 থাকে—এই ভাল্‌ভ দুইটি জলকে শুধু উপরের দিকে যাইতে দেয়।

চিত্র নং 11

কার্যপ্রণালী : L-লিভার চাপিয়া যেই A-পিস্টনটিকে তোলা হয় তখন P-চোঙের ভাল্‌ভ V_1 খুলিয়া যায় এবং জলাধার হইতে চোঙে জল প্রবেশ করে। A-পিস্টনকে এবার নামাইলে জলে চাপ পডে এবং চাপের ফলে Q-চোঙের ভাল্‌ভ V_2 খুলিয়া যায় এবং চাপ-যুক্ত জল Q চোঙে প্রবেশ করে।

সুতরাং A-পিস্টনের প্রতি উর্ধ্বগতিতে P চোঙে জল প্রবেশ করে এবং প্রতি নিম্নগতিতে এই জলকে চাপ প্রদান করিয়া Q-চোঙে প্রবেশ করান হয়। সুতরাং A-পিস্টন কর্তৃক প্রদত্ত চাপ জল কর্তৃক B পিস্টনে সঞ্চালিত হয় এবং ঘাতবৃদ্ধির নীতি অনুযায়ী B-এর প্রস্থচ্ছেদ A অপেক্ষা যতগুণ, সঞ্চালিত চাপও ততগুণ বৃদ্ধি পায়। ইহার ফলে B-পিস্টন প্রচণ্ড বলের সহিত উপরে ওঠে এবং পাটাতনের উপর রক্ষিত বস্তুকে চাপ প্রদান করে।

মোট ঘাতের হিসাব: হাইড্রলিক প্রেসের লিভার হাতলটি দ্বিতীয় শ্রেণীর লিভার, কারণ, উহার একপ্রান্তে আলম্ব O এবং অপর প্রান্তে বলপ্রয়োগ করা হয়। পিস্টনটি উহাদের মধ্যে কিন্তু আলম্বের কাছাকাছি কোন বিন্দুতে যুক্ত। মনে কর, আলম্ব O হইতে পিস্টনের দূরত্ব x এবং পিস্টন হইতে বলপ্রয়োগের বিন্দু পর্যন্ত দূরত্ব y, যদি হাত দিয়া লিভারে W বলপ্রয়োগ করা হয় এবং পিস্টনে F_1 বল উৎপন্ন হয় তবে দ্বিতীয় শ্রেণীর লিভারের কার্যনীতি হইতে আমরা লিখিতে পারি $F_1 \times x = W \times y$.

$$\therefore \quad F_1 = W \times \frac{y}{x}$$

এইবার মনে কর, A পিস্টনের ক্ষেত্রফল α এবং B পিস্টনের ক্ষেত্রফল β এখন যদি B পিস্টনে F_2 ঘাত উৎপন্ন হয় তবে ঘাতবৃদ্ধির নীতি হইতে লেখা যায়

$$F_2 = F_1 \times \frac{\beta}{\alpha}$$

$$= W \times \frac{y}{x} \times \frac{\beta}{\alpha}$$

প্রশ্ন ৭। তরলের চাপ সঞ্চালন সম্পর্কিত পাস্কালের সূত্র বল। হাইড্রলিক প্রেসের কার্যপ্রণালী এই সূত্রের উপর কিরূপভাবে নির্ভর করে তাহা বুঝাইয়া লেখ।

[State Pascal's law of transmission of liquid pressure. Show how the action of the hydraulic press depends on this law.] **[H S. Exam., 1965]**

উঃ। প্রথমাংশ: ৫নং প্রশ্ন দ্রষ্টব্য।

শেষাংশ: ৬নং প্রশ্ন দ্রষ্টব্য।

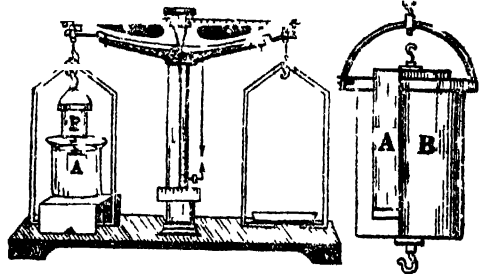
***প্রশ্ন ৮। আর্কিমিডিসের সূত্র বর্ণনা কর এবং ইহার সত্যতা পরীক্ষামূলকভাবে কিরূপে নিরূপণ করিবে বল।**

[State Archimedes Principle and show how it can be experimentally verified] **[H S. Exam., 1960, '62]**

উঃ। আর্কিমিডিসের সূত্র :

কোন বস্তুকে তরলে আংশিক অথবা পূর্ণ নিমজ্জিত করিলে বস্তুর ওজনের আপাত হ্রাস হয় এবং এই হ্রাস বস্তু যে তরল স্থানচ্যুত করে তাহার ওজনের সমান।

সত্যতা নিরূপণের পরীক্ষা :

12 নং চিত্রে পরীক্ষার উপযুক্ত ব্যবস্থা দেখান হইয়াছে। B একটি একমুখ খোলা ফাঁপা চোঙ। উহার উপরে ও নীচে দুইটি আংটা আছে। A আর একটি চোঙ—ইহা নিরেট এবং B-র মধ্যে ঠিক আঁটিয়া বসিতে পারে—অর্থাৎ B-র আভ্যন্তরীণ আয়তন A-র বাহিরের আয়তনের সমান। উহার উপরে একটি আংটা আছে।

চিত্র নং 12

একটি তুলাযন্ত্র লও। তুলাদণ্ডের এক প্রান্তের হুক হইতে B কে ঝুলাও। B-র তলার হুক হইতে A-কে ঝুলাও। এই অবস্থায় ডান প্রান্তের তুলাপাত্রে বাটখারা রাখিয়া তুলাদণ্ড অনুভূমিক কর। এইবার একটি কাঠের সেতু বাম তুলাপাত্রের উপর দিয়া আলগা ভাবে বসাও। একটি কাচ পাত্র জলপূর্ণ করিয়া সেতুর উপর রাখ এবং A-চোঙকে জলে সম্পূর্ণ নিমজ্জিত কর (ছবি দেখ)। দেখিবে যে আগের বাটখারায় তুলাদণ্ড আর অনুভূমিক রহিল না—ডানদিকে কাত হইয়া আছে। ইহা প্রমাণ করে যে নিমজ্জিত অবস্থায় A-চোঙের কিছু ওজনের হ্রাস হইয়াছে।

এইবার B-চোঙে আস্তে আস্তে জল ঢাল। ইহার ফলে ডানদিকের পাল্লা একটু একটু করিয়া উপরের দিকে উঠিবে এবং যখন B-চোঙ্ সম্পূর্ণ জলপূর্ণ হইবে তখন তুলাদণ্ড আবার অনুভূমিক হইবে। B-র আভ্যন্তরীণ আয়তন A-র বাহিরের আয়তনের সমান বলিয়া ইহা প্রমাণ করে যে A-চোঙটির নিমজ্জিত অবস্থায় যে ওজন হ্রাস হইয়াছিল তাহা A-চোঙের সমআয়তন জলের ওজনের সমান।

প্রশ্ন ৯। আর্কিমিডিস্ সূত্র প্রয়োগ করিয়া একটি অসম বস্তুর আয়তন ও ঘনত্ব কিরূপে নির্ণয় করিবে?

[How do you find the volume and density of a solid body of irregular shape by applying Archimedes' Principle ?]
[*cf.* H. S. (Comp.), 1964]

উঃ। আয়তন নির্ণয়ঃ

মনে কর, বস্তুটির বায়ুতে ওজন $= W_1$

এবং „ জলে „ $= W_2$

আর্কিমিডিসের সূত্রানুযায়ী, $W_1 - W_2 =$ বস্তুটির ওজনের আপাত হ্রাস
= বস্তুটির সমআয়তন জলের ওজন।

যদি সি. জি. এস্. পদ্ধতিতে ওজন লওয়া হয় তবে সমআয়তন জলের ওজন
$=(W_1 - W_2)$ গ্র্যাম

জলের ঘনত্ব $=1$ গ্র্যাম/ঘন সে. মি.। সুতরাং উক্ত জলের আয়তন
$=(W_1 - W_2)$c.c.

অর্থাৎ বস্তুর আয়তন $=(W_1 - W_2)$ c. c.

যদি এফ্. পি. এস্. পদ্ধতিতে ওজন লওয়া হয় তবে সমআয়তন জলের ওজন $=(W_1 - W_2)$ পাউণ্ড।

জলের ঘনত্ব $=62{\cdot}5$ পাউণ্ড/প্রতি ঘনফুট। সুতরাং উক্ত জলের আয়তন $=\dfrac{W_1 - W_2}{62{\cdot}5}$ ঘন ফুট। অর্থাৎ বস্তুর আয়তন $=\dfrac{W_1 - W_2}{62{\cdot}5}$ ঘন ফুট।

ঘনত্ব নির্ণয় :

আমরা জানি, ঘনত্ব $= \frac{\text{বস্তুর ভর}}{\text{বস্তুর আয়তন}}$

বস্তুর আয়তন নির্ণয় পূর্বেই করা হইয়াছে। সুতরাং সি. জি. এস্. পদ্ধতিতে বস্তুর ঘনত্ব $= \frac{W_1}{W_1 - W_2}$ gms./c.c.

এফ্. পি. এস্. পদ্ধতিতে বস্তুর ঘনত্ব $= \frac{W_1}{\frac{W_1 - W_2}{62 \cdot 5}} = \frac{W_1 \times 62 \cdot 5}{W_1 - W_2}$ lb/c.ft.

****প্রশ্ন ১০। আর্কিমিডিসের সূত্র বল এবং উহার ব্যাখ্যা কর। ঐ সূত্র প্রয়োগ করিয়া জলে ডুবিয়া যায় এমন একটি বস্তুর আয়তন নির্ণয় পদ্ধতি বর্ণনা কর।**

[State and explain the Principle of Archimedes. Apply it to determine the volume of a body which sinks in water.]

[H. S. Exam., 1960 (Comp.), 1963]

উঃ। **সূত্র :** ৮নং প্রশ্ন দেখ।

ব্যাখ্যা : যেখন কোন বস্তুকে তরলে আংশিক বা পূর্ণ নিমজ্জিত করা হয় তখন উহা কিছু তরল স্থানচ্যুত করে। ঐ স্থানচ্যুত তরল বস্তুর উপরে একটি উর্ধ্বমুখী ঘাত প্রয়োগ করে। ইহাকে প্লবতা বলে। প্রমাণ করা যায় যে বস্তুটির যে-আয়তন তরলে নিমজ্জিত থাকে উহার সমআয়তন তরলের ওজন উক্ত প্লবতার সমান। সুতরাং এই প্লবতার দরুন বস্তুর নিম্নমুখী ওজন হ্রাস পাইবে এবং এই হ্রাস সমআয়তন তরলের ওজনের সমান। যদি বস্তুর প্রকৃত ওজন W এবং অপসারিত তরলের ওজন W_1 হয় তবে নিমজ্জিত অবস্থায় বস্তুর আপাত ওজন $= W - W_1$

আয়তন নির্ণয় : ৯ নং প্রশ্ন দেখ।

****প্রশ্ন ১১। বস্তুর ভাসন ও নিমজ্জনের শর্ত কি? উহা হইতে বস্তুর সাম্যাবস্থায় ভাসনের শর্ত নির্ণয় কর।**

[What are the conditions of floatation and immersion

of a body ? Hence deduce the conditions of equilibrium of a floating body.] [*cf*. H. S. (Comp.), 1963]

উঃ। ভাসন ও নিমজ্জন ঃ

কোন বস্তুকে তরলে নিমজ্জিত করিলে উহার উপর দুইটি বল ক্রিয়া করে :—(1) উহার ওজন W যাহা বস্তুর ভারকেন্দ্র (centre of gravity) দিয়া নিম্নাভিমুখী ক্রিয়া করে ও (2) তরলের প্লবতা W_1 যাহা প্লবতা-কেন্দ্র (centre of buoyancy) দিয়া উর্ধ্বমুখী ক্রিয়া করে। বস্তুর ভাসন ও নিমজ্জন এই দুইটি বলের উপর নির্ভর করে।

(ক) যদি $W > W_1$ অর্থাৎ বস্তুর ওজন প্লবতা অপেক্ষা বেশী। এক্ষেত্রে বস্তুর ওজন অপসারিত তরলের ওজনের বেশী। ইহার ফলে বস্তু তরলে নিমজ্জিত হইবে।

(খ) যদি $W = W_1$ অর্থাৎ বস্তুর ওজন প্লবতার সমান। এক্ষেত্রে বস্তুর ওজন অপসারিত তরলের ওজনের সমান। ইহার ফলে বস্তুটি তরলের ভিতর যে-কোন স্থানে স্থির হইয়া ভাসিবে।

(গ) যদি $W < W_1$ অর্থাৎ বস্তুর ওজন প্লবতা অপেক্ষা কম। এক্ষেত্রে বস্তুর ওজন অপসারিত তরলের ওজন হইতে কম। ইহার ফলে বস্তুটি তরলে নিমজ্জিত করিয়া ছাড়িয়া দিলে বেশী উর্ধ্বচাপের ফলে ভাসিয়া উঠিবে।

সাম্যাবস্থায় ভাসনের সর্ত ঃ

যদি বস্তুর ওজন অপসারিত তরলের ওজনের কম হয় তবে বস্তুটিকে সম্পূর্ণ নিমজ্জিত করিয়া ছাড়িয়া দিলে বেশী উর্ধ্বচাপের দরুন বস্তুটি উপরের দিকে ভাসিয়া উঠিতে থাকে। উহা যতই তরলের বাহিরে আসিতে থাকে অপসারিত তরলের পরিমাণ ততই কমিতে থাকে। ফলে W_1-এর মান কমিতে থাকে। শেষে যখন বস্তুটি আংশিক নিমজ্জিত অবস্থায় স্থির হয় তখন W_1 কমিয়া বস্তুর ওজন W-এর সমান হয়। সুতরাং বস্তু স্থির হইয়া ভাসিতে গেলে (1) বস্তুটির এমন অংশ তরলে নিমজ্জিত থাকিবে যাহাতে অপসারিত তরলের ওজন বস্তুটির ওজনের সমান হয়। তাছাড়া, বস্তুর ওজন বস্তুর ভার-কেন্দ্র দিয়া এবং অপসারিত তরলের ওজন প্লবতা-কেন্দ্র দিয়া বিপরীত দিকে

ক্রিয়া করিবার ফলে সাম্যাবস্থায় ভাসনের জন্য এই দুইটি বিন্দু একই লম্বরেখায় থাকিবে। অর্থাৎ সাম্যাবস্থায় ভাসনের জন্য (2) বস্তুর ভারকেন্দ্র ও প্লবতা-কেন্দ্র একই লম্বরেখায় থাকিবে।

প্রশ্ন ১২। তরল প্রদত্ত চাপ তরলের গভীরতা এবং ঘনত্বের সমানুপাতিক ইহা কিরূপে প্রমাণ করিবে?

একটি ঘনককে কোন তরলে এমনভাবে নিমজ্জিত করা হইল যে ঘনকের দুই বিপরীত তল তরলের তলের সহিত সমান্তরাল। প্রমাণ কর যে ঘনকের উপর প্লবতার দরুন বল ঘনকের ঊর্ধ্ব ও নিম্নতলের উপর তরল প্রদত্ত চাপের পার্থক্যের সমান।

বেলুনের ঊর্ধ্বগতি প্লবতার দৃষ্টান্তস্বরূপ—ইহা বুঝাইয়া দাও।

[How would you prove that the pressure exerted by a liquid is proportional to the depth and density of the liquid ?

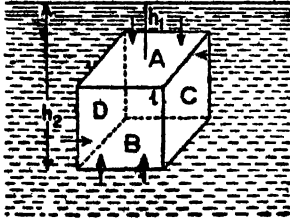
A cube is immersed in a liquid with one pair of parallel faces parallel to the surface of the liquid. Prove that the force of buoyancy acting on it is due to the difference in pressures exerted by the liquid at the top and the bottom surfaces of the cube.

Explain how the ascent of a balloon in air illustrates the action of buoyancy.] **[H. S. (Comp.), 1965]**

উঃ। প্রথমাংশ: ১নং প্রশ্ন দ্রষ্টব্য। ঐ প্রশ্নের উত্তরে দেখা যাইতেছে যে O বিন্দুতে চাপ = বিন্দুর গভীরতা × তরলের ঘনত্ব × অভিকর্ষজ ত্বরণ।

এখন, কোন স্থানে অভিকর্ষজ ত্বরণ ধ্রুবক। অতএব, বলা যাইতে পারে, O বিন্দুতে চাপ ∝ বিন্দুর গভীরতা × তরলের ঘনত্ব।

দ্বিতীয়াংশ: মনে কর, ছয়তল-বিশিষ্ট একটি ঘনককে (cube) কোন তরলে এমন ভাবে নিমজ্জিত করা হইল যে উপরতল (A) h_1 গভীরতায় এবং নিম্নতল (B) h_2 গভীরতায় আছে এবং ঐ দুই তল তরলের তলের সহিত সমান্তরালে আছে (চিত্র 12*a*)। ঘনকের প্রত্যেক তলের উপর তরল ঘাত

প্রদান করিবে। কিন্তু খাড়াতল D এবং C-এর উপর তরলের পার্শ্বঘাত পড়িবে। তরলের তল হইতে যে-কোন গভীরতায় C খাড়াতলের উপর পার্শ্বচাপ D খাড়াতলের চাপের সমান ও বিপরীত। এইভাবে হিসাব করিলে দেখা যাইবে যে ঐ দুই তলের উপর মোট পার্শ্বঘাত সমান এবং বিপরীত। সুতরাং খাড়াতলগুলির উপর লব্ধঘাত (resultant thrust) শূন্য। কিন্তু উপরতলের উপর প্রদত্ত নিম্নঘাত এবং নিম্নতলের উপর ঊর্ধ্বঘাত সমান নয়—কারণ A এবং B তলের গভীরতা সমান নয়।

চিত্র নং 12(a)

এখন, A তলের উপর নিম্নঘাত = A তলের ক্ষেত্রফল × তলের উপরকার চাপ

$= l^2 \times h_1 \rho g$ [l = ঘনকের প্রত্যেক পাশের দৈর্ঘ্য

ρ = তরলের ঘনত্ব]

আবার, B তলের উপর ঊর্ধ্বঘাত = B তলের ক্ষেত্রফল × তলের উপরকার চাপ

$= l^2 \times h_2 \rho g$

∴ ঘনকের উপর মোট ঊর্ধ্বঘাত $= l^2 h_2 \rho g - l^2 h_1 \rho g.$

$= l^2 \rho g\ (h_2 - h_1) = l^3 . \rho g.$

শেষাংশ: তরলে নিমজ্জিত বস্তু যেমন ঊর্ধ্বমুখী ঘাত অনুভব করে যাহার ফলে তরল হইতে হাল্‌কা বস্তু ভাসিয়া উঠিতে চায় তেমনি বায়ুতে নিমজ্জিত বস্তু স্থানচ্যুত বায়ু কর্তৃক ঊর্ধ্বমুখী ঘাত অনুভব করে। সুতরাং বায়ু অপেক্ষা হালকা কোন বস্তু বায়ুমধ্যে রাখিলে উহা ভাসিয়া উপরে উঠিতে চেষ্টা করিবে। বেলুন ওড়া এই ঘটনারই একটি দৃষ্টান্ত। বেলুন তৈরী করা হয় সিল্কের কাপড় দিয়া। উহার ভিতর হাইড্রোজেন গ্যাস ভর্তি থাকে। হাইড্রোজেন বায়ু হইতে হাল্‌কা। বেলুন ফুলিয়া উঠিলে যে-আয়তনের বায়ু স্থানচ্যুত হয়, উহার ওজন বেলুনের ওজন অপেক্ষা বেশী হওয়ায় বেলুন অনায়াসে ভাসিয়া উপরে ওঠে।

প্রশ্ন ১৩। (i) প্লবতা, (ii) প্লবতা-কেন্দ্র ও (iii) আপাত ওজন বলিতে কি বোঝ? পরীক্ষাদ্বারা প্রমাণ কর যে তরলে ভাসমান বস্তু নিজ ওজনের সমান ওজনবিশিষ্ট তরল অপসারণ করে।

[What do you understand by (i) buoyancy [**H. S. (Comp.). 1962**], (ii) centre of buoyancy and (iii) apparent weight? Prove by an experiment that a floating body displaces liquid whose weight is same as the weight of the body.]

উঃ। প্লবতা: কোন বস্তুকে তরলে পরিপুর্ণ বা আংশিক ডুবাইলে বস্তু কিছু তরল অপসারিত করিবে। ঐ তরল বস্তুর উপর একটি উর্ধ্বমুখী ঘাত প্রয়োগ করে। এই ঘাতকে প্লবতা বলে।

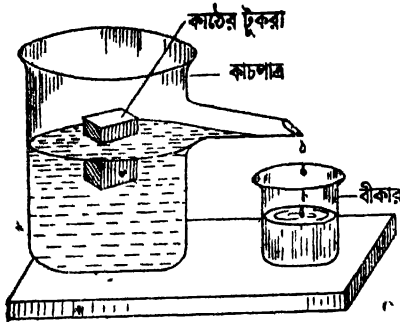
(ii) **প্লবতা-কেন্দ্র:** যেহেতু প্লবতা একটি বল সেই হেতু উহার একটি প্রয়োগবিন্দু থাকিবে। স্থানচ্যুত তরলের ভারকেন্দ্র হইতেছে এই প্রয়োগ বিন্দু। অর্থাৎ স্থানচ্যুত তরলের ভারকেন্দ্র দিয়া প্লবতা উর্ধ্বমুখী ক্রিয়া করে। এই প্রযোগবিন্দুকে প্লবতা-কেন্দ্র বলে।

(iii) **আপাত ওজন:** বস্তুর নিজস্ব ওজন লম্বভাবে নিম্নমুখী ক্রিয়া করে এবং প্লবতা লম্বভাবে উর্ধমুখী ক্রিয়া করে। ফলে ওজনের আপাত হ্রাস হয় এবং বস্তু হালকা বলিয়া মনে হয়। তরলে থাকাকালীন বস্তুর এই ওজনকে আপাত ওজন বলা হয়। বস্তুর প্রকৃত ওজন W এবং আপাত হ্রাস W_1 হইলে উহার আপাত ওজন $= W - W_1$

দ্বিতীয় অংশ:

একটি আয়তাকার কাঠের টুকরা লইয়া তুলাযন্ত্রের সাহায্যে ওজন নির্ণয় কর।

12 (b) নং চিত্রে যেমন দেখানো হইয়াছে ঐরূপ একটি কাচপাত্র লও। জল বাহির হইবার জন্য পাত্রে একটি পার্শ্বনল যুক্ত আছে। এইবার পাত্রে জল ঢাল যাহাতে জল ঠিক নলের মুখ বরাবর থাকে। একটু বেশী জল ঢালিলে অতিরিক্ত জল নল দিয়া বাহির হইয়া যাইবে। এখন একটি বীকার লইয়া ওজন কর এবং নলের তলায় রাখ। নল হইতে জল পড়িলে উহা বীকারে

জমা হইবে। এইবার কাঠের টুকরাটি আস্তে আস্তে কাচপাত্রের জলে ভাসাও। কিছু জল উপচাইয়া নল দিয়া বীকারে জমা হইবে। যখন নল দিয়া জল আর পড়িবে না তখন জলসমেত বীকারটিকে ওজন কর। উহা হইতে জলের ওজন পাওয়া যাইবে। দেখিবে জলের ওজন কাঠের টুকরার ওজনের সমান হইল। ইহা প্রমাণ করে যে ভাসমান অবস্থায় টুকরাটি নিজ ওজনের সমান ওজনবিশিষ্ট জল অপসারণ করিল।

চিত্র নং 12 (b)

প্রশ্ন ১৪। প্লবতা কাহাকে বলে? কোন্ কোন্ বিষয়ের উপর উহা নির্ভর করে? যথাযোগ্য উদাহরণসহ তোমার উত্তর ব্যাখ্যা কর।

[What is buoyancy ? On what factors does it depend ? Illustrate your answer with suitable examples.]

[H S. (Comp.), 1964]

উঃ। প্রথমাংশ :—১৩নং প্রশ্ন দ্রষ্টব্য।

শেষাংশ : প্লবতা স্থানচ্যুত তরলের আয়তন ও তরলের ঘনত্বের উপর নির্ভর করে। (জাহাজ যখন সমুদ্রজল হইতে নদীজলে প্রবেশ করে তখন দেখা যায় যে জাহাজের আরো খানিকটা জলে ডুবিয়া গেল। ইহার কারণ এই যে, নদীজলের ঘনত্ব সমুদ্রের লবণাক্ত জল অপেক্ষা কম। তাই, নদীজল কম ঊর্ধ্বঘাত প্রয়োগ করে এবং জাহাজের ওজনকে কাটাইবার জন্য জাহাজের আরো খানিকটা অংশ নদীর জলে ডুবিয়া অতিরিক্ত জল স্থানচ্যুত করে এবং বেশী ঊর্ধ্বঘাত সৃষ্টি করিয়া লয়।) ইহা প্রমাণ করে যে ঊর্ধ্বঘাত তরলের ঘনত্বের উপর নির্ভর করে।

আবার, কোন বস্তুকে স্প্রিং তুলা হইতে ঝুলাইয়া বস্তুর অর্ধেক জলে নিমজ্জিত রাখিয়া স্প্রিং তুলার পাঠ লও। এইবার বস্তুকে পূর্ণ নিমজ্জিত কর।

দেখিবে স্প্রিং তুলার পাঠ আরো কমিয়া গেল। পূর্ণ-নিমজ্জিত অবস্থায় বস্তু বেশী আয়তনের জল স্থানচ্যুত করায় বস্তুর উপর বেশী উর্ধ্বঘাত পড়িল। তাই বস্তুর ওজন হ্রাসও বেশী হইল। ইহা প্রমাণ করে যে উর্ধ্বঘাত স্থানচ্যুত তরলের আয়তনের উপর নির্ভর করে।

***প্রশ্ন ১৫। নিম্নলিখিত প্রশ্নগুলির উত্তর লেখ:**

(ক) একটি ভারী পাথরকে জলের ভিতর সহজে সরান যায় কেন?

[Why is it easier to lift a heavy stone under water than in air?]

(খ) নদীজলে সাঁতার কাটার চাইতে সমুদ্রজলে সাঁতার কাটা সহজ কেন?

[Why is it easier to swim in sea-water than in river-water?]

(গ) লোহা জলে ডোবে কিন্তু লোহার তৈয়ারী জাহাজ ভাসে কেন?

[Why an iron ship floats on water though a lump of iron sinks?]

(ঘ) 'ভাসমান বস্তু নিজের সম্পূর্ণ ওজন হারায়'—ইহা ব্যাখ্যা কর।

['A floating body loses its whole weight'—Explain.]
[H. S. (Comp.), 1962]

উঃ। (ক) আমরা জানি যে কোন বস্তুকে জলে নিমজ্জিত করিলে অপসারিত জল বস্তুর উপরে একটি উর্ধ্বঘাত প্রয়োগ করে যাহার ফলে নিমজ্জিত বস্তুর ওজনের কিছু আপাত হ্রাস হয়। ভারী পাথরকে জলে ডুবাইলে পাথরটি উহার সমআয়তনের জল অপসারিত করিবে এবং তাহার ফলে উর্ধ্বঘাত বা প্লবতা অনুভব করিবে। আর্কিমিডিসের সূত্রানুযায়ী পাথরটির ওজন কিছুটা কমিয়া হাল্‌কা মনে হইবে। এই কারণে জলের ভিতর ভারী পাথরকে সহজে সরান যায়।

(খ) মানুষের দেহ সমআয়তন জলের চাইতে হাল্‌কা কিন্তু মাথা ওজনে ভারী। সেইজন্য স্বভাবতঃ জলের উপর মাথা তুলিয়া রাখিবার কৌশল শিক্ষাই সাঁতার শিক্ষা। সমুদ্রের জল লবণাক্ত হওয়ায় উহার ঘনত্ব নদীর পরিষ্কার জলের ঘনত্ব অপেক্ষা বেশী। সেইজন্য সন্তরণকারীর দেহের উপর সমুদ্র-জলের ঊর্ধ্বঘাত নদী-জলের ঊর্ধ্বঘাত অপেক্ষা বেশী। সুতরাং সমুদ্র-জলে ভাসিয়া থাকা সহজ।

(গ) লোহার টুকরা জলে ডুবিয়া যায় আমরা জানি কারণ উহা যে সামান্য জল অপসারণ করে টুকরার ওজন ঐ অপসারিত জলের ওজন অপেক্ষা অনেক বেশী। কিন্তু লোহার টুকরাকে যদি এমন আকার দেওয়া যায় যে উহা যথেষ্ট জল অপসারণ করিতে পারে তাহা হইলে টুকরাটি জলে ভাসিবে। জাহাজ জলে ভাসিবার কারণ একই। জাহাজের তলদেশ কড়াইয়ের মত এমন বাঁকান যে উহা যথেষ্ট পরিমাণ জল অপসারিত করিতে পারে। ফলে জাহাজের সামান্য অংশ জলে ডুবিলেই মালসমেত জাহাজের ওজন অপসারিত জলের ঊর্ধ্বঘাতের সমান হয় এবং জাহাজ ভাসিতে থাকে।

(ঘ) কোন বস্তুর নিজ আয়তনের সমআয়তন জলের ওজন অপেক্ষা নিজের ওজন কম হইলে, ঐ বস্তু জলে ভাসিয়া ওঠে, কারণ ঐ বস্তুর উপরে নিম্নমুখী বল অপেক্ষা ঊর্ধ্বমুখী বলের পরিমাণ বেশী হয়। এখন ঐ বস্তু ভাসিয়া উঠিলে উহার কিছু আয়তন জলের বাহিরে থাকে ; ফলে অপসারিত জলের আয়তন কমিয়া যায় এবং ঊর্ধ্বঘাতের পরিমাণও কমিয়া যায়। কিন্তু বস্তু যখন স্থির হইয়া ভাসিতে থাকে তখন ঊর্ধ্বঘাত এবং নিম্নঘাত সমান হয়। অর্থাৎ তখন এমন পরিমাণ জল অপসারিত হয় যাহার ওজন বস্তুর ওজনের সমান হয়। এই অবস্থায় অপসারিত জলের ঊর্ধ্বঘাত বস্তুর ওজনকে সম্পূর্ণ কাটাইয়া দেয় বলিয়া বলা হয় যে ভাসমান বস্তু তাহার সম্পূর্ণ ওজন হারাইয়া ফেলে।

****প্রশ্ন ১৬। কার্টেজীয় ডাইভার বর্ণনা কর ও উহার কার্য-প্রণালী বুঝাইয়া দাও। এই কার্যপ্রণালীর কোন আধুনিক প্রয়োগ তোমার জানা আছে কি?**

[Describe 'the Cartesian diver' and explain how it acts. Do you know of any modern appliance which is based on this principle ?]

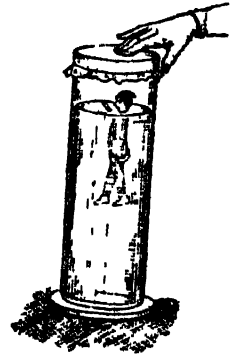
উঃ। কার্টেসীয় ডাইভার :

ইহা একটি উদস্থৈতিক পুতুল। ইহা দ্বারা ভাসন ও নিমজ্জনের সর্ত, পাস্কালের সূত্র প্রভৃতি পরীক্ষামূলকভাবে দেখান যায়।

13নং চিত্রে একটি কার্টেসীয় ডাইভারের ছবি দেখান হইল। ইহা একটি পোর্সিলেন নির্মিত ফাঁপা ছোট পুতুল। পুতুলটির একটি ল্যাজ আছে এবং ল্যাজের অগ্রভাগে একটি ছিদ্র আছে। ঐ ছিদ্রপথে পুতুলের ভিতর ও বাহির—উভয়ের সহিত সংযোগ স্থাপন করা যায়। ঐ পুতুলটিকে একটি লম্বা কাচের চোঙে জলভর্তি করিয়া ছাড়িয়া দেওয়া হয়। পুতুলটির ভিতরের খানিকটা অংশ জলপূর্ণ এবং বাকীটা বায়ুপূর্ণ। সাধারণ অবস্থায় পুতুলটির ওজন এমন করা হয় যেন উহা জলে আংশিক ডুবিয়া ভাসিতে পারে। চোঙটির উপরে খানিকটা অংশ বায়ুপূর্ণ এবং মুখ একটি পাতলা রবারের পর্দা দিয়া বায়ুনিরুদ্ধভাবে আবদ্ধ।

এখন রবার-পর্দাকে আঙ্গুল দিয়া চাপ দিলে দেখা যাইবে যে পুতুলটি জলে ডুবিয়া গেল। চাপ ছাড়িয়া দিলে পুতুলটি আবার ভাসিয়া উঠিবে। চাপ নিয়ন্ত্রণ করিলে পুতুলটিকে জলের মধ্যে যে-কোন জায়গায় রাখা যাইবে।

চিত্র নং 13

ব্যাখ্যা : যখন রবার-পর্দাকে চাপ দেওয়া হয় তখন পর্দার তলার বায়ুও চাপ পায়। এই চাপ জল কর্তৃক সঞ্চালিত হইয়া পুতুলের ভিতরে উপস্থিত হয় এবং পুতুলের ভিতরস্থ বায়ু এই চাপ পাইয়া সংকুচিত হয়। ফলে বাহির হইতে খানিকটা জল পুতুলের ভিতরে প্রবেশ করে এবং পুতুলের ওজন বৃদ্ধি পায়। ইহাতে পুতুলটি জলে ডুবিয়া যায়। চাপ ছাড়িয়া দিলে পুতুলের অভ্যন্তরস্থ সংকুচিত বায়ু স্থিতিস্থাপকতা (elastic)

গুণে পুনরায় প্রসারিত হয় এবং অতিরিক্ত জলকে পুতুল হইতে বাহির করিয়া দেয়। ইহাতে পুতুল হাল্‌কা হয় এবং ভাসিয়া উঠে। চাপ নিয়ন্ত্রিত করিয়া যদি পুতুলের ভিতর এমন পরিমাণ জল ঢুকানো যায় যে পুতুলের ওজন অপসারিত জলের ওজনের সমান হয়, তবে ঐ অবস্থায় পুতুলটি জলের মধ্যে যে-কোন জায়গায় স্থির হইয়া থাকিবে।

ব্যবহারিক প্রয়োগ :

কার্টেসীয় ডাইভারের নীতিকে ব্যবহারিকভাবে প্রয়োগ করিয়া আধুনিক ডুবোজাহাজ নির্মিত হয়। ডুবোজাহাজ ইচ্ছামত জলের উপর ভাসিতে পারে অথবা জলে ডুবিয়া যাইতে পারে।

এই জাহাজে কতকগুলি প্রকোষ্ঠ থাকে—ইহাদের ballast tanks বলা হয়। যখন ডুবোজাহাজ জলে ডুব দিতে ইচ্ছা করে তখন পাম্পের সাহায্যে প্রকোষ্ঠগুলি জলপূর্ণ করা হয় যাহাতে উহা ওজনে ভারী হয় এবং জলে ডুবিয়া যায়। আবার ভাসিয়া উঠিতে ইচ্ছা করিলে পাম্পের সাহায্যে ঐ জল নিষ্কাশিত করা হয়। ফলে জাহাজে হাল্‌কা হয় এবং জলের উপর ভাসিয়া উঠে।

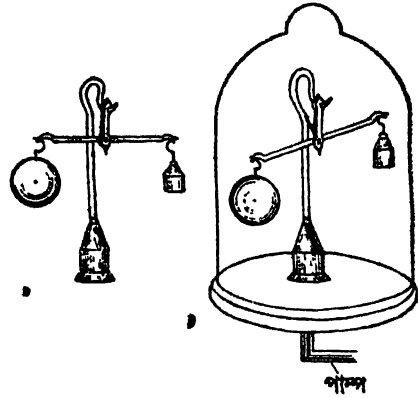
প্রশ্ন ১৭। "তরলের ন্যায় বায়ুতেও আর্কিমিডিস সূত্র প্রযোজ্য" —এই উক্তির স্বপক্ষে উপযুক্ত পরীক্ষা বর্ণনা কর।

"এক পাউণ্ড তুলা এক পাউণ্ড লোহা অপেক্ষা ভারী"—এই বাক্যের ব্যাখ্যা কর।

["Archimedes Principle is applicable to gases like liquids"—Describe suitable experiment in support of this statement.

"A pound of cotton is heavier than a pound of iron"—Explain this statement] [**H. S. (Comp.), 1962**]

উঃ। নিম্নলিখিত পরীক্ষা দ্বারা প্রমাণ করা যায় যে তরলের ন্যায় বায়ুতেও আর্কিমিডিস সূত্র প্রয়োগ করা যাইতে পারে।

13(a) নং চিত্রে একটি বিশেষ ধরনের তুলাযন্ত্র দেখান হইয়াছে। এই যন্ত্রে তুলাপাত্রের পরিবর্তে তুলাদণ্ডের এক প্রান্তে একটি বৃহৎ আয়তনের ফাঁপা কাচগোলক এবং অপর প্রান্তে একটি ক্ষুদ্র আয়তনের সীসার বাটখারা ঝুলান আছে। উহাদের ওজন বায়ুতে সমান, সুতরাং বায়ুতে তুলাদণ্ডটি অনুভূমিক থাকিবে। কিন্তু ফাঁপা গোলকের আয়তন বেশী বলিয়া উহা বেশী বায়ু স্থানচ্যুত করিবে এবং আর্কিমিডিস সূত্র বায়ুতে প্রযোজ্য হইলে উহার উপর বেশী উর্দ্ধঘাত প্রযুক্ত হইবে। সুতরাং আমরা বলিতে পারি যে বায়ুতে উহাদের আপাত ওজন সমান। এইবার উহাদের বায়ু-নিষ্কাশক পাম্পের রেকাবীর উপর রাখিয়া একটি বড কাচপাত্র দিয়া বায়ু-নিরুদ্ধভাবে ঢাকিয়া দাও। পাম্প চালাইয়া কাচপাত্রের ভিতর হইতে বায়ু বাহির করিয়া লইলে দেখিবে যে কাচের গোলকটি নীচের দিকে ঝুঁকিয়া পড়িয়াছে—অর্থাৎ গোলক এবং বাটখারার ওজন আর সমান নাই। ইহা প্রমাণ করে যে বায়ু উহাদের উপর উর্দ্ধঘাত দিতেছিল এবং গোলকটির প্রকৃত ওজন বাটখারার প্রকৃত ওজন অপেক্ষা বেশী (কারণ, প্রকৃত-ওজন = আপাত ওজন + ওজন হ্রাস)। কাজেই বলা যাইতে পারে যে বায়ু-মধ্যে কোন বস্তু রাখিলে উহার ওজনের আপাত হ্রাস হয়।

চিত্র নং 13(a)

দ্বিতীয় অংশ :—

এক পাউণ্ড তুলা বা এক পাউণ্ড লোহা বলিতে আমরা সাধারণতঃ উহাদের বায়ুতে ওজন বুঝি। কিন্তু উহা বস্তুর প্রকৃত ওজন নয়—আপাত ওজন। এখন এক পাউণ্ড তুলার আয়তন এক পাউণ্ড লোহা আপেক্ষা অনেক বেশী। কাজেই তুলা বেশী বায়ু অপসারণ করিবে এবং বায়ুতে উহার ওজন হ্রাস বেশী

হইবে। কিন্তু বায়ুতে উহাদের ওজন সমান হওয়ায় বায়ুশূন্য স্থানে উহাদের ওজন করিলে তুলার প্রকৃত ওজন লোহা অপেক্ষা বেশী হইবে। তাই বলা হয় এক পাউণ্ড তুলা এক পাউণ্ড লোহা অপেক্ষা ভারী।

অঙ্ক

1. জলের ভিতর 50 ft. গভীরে চাপ নির্ণয় কর। জলের ঘনত্ব 62·5 lbs/c. ft.

[Calculate the pressure at a depth of 50 ft. in water. Density of water is 62·5 lbs/c. ft.]

উ। আমরা জানি, চাপ $= h.d.g.$

এস্থলে $h = 50$ ft.; $d = 62·5$ lbs/c. ft.; $g = 32$ ft/sec²

$\therefore$ নির্ণেয় চাপ $= 50 \times 62·5 \times 32$ poundals

$= 100,000$ poundals

$= 10^5$ poundals.

2, সমুদ্র-জলের আপেক্ষিক গুরুত্ব 1·025. যদি 1 ঘনফুট পরিষ্কার জলের ওজন 62·5 পাউণ্ড হয় তবে সমুদ্র-জলের 10 ft. নীচে চাপ নির্ণয় কর।

[The specific gravity of sea-water is 1·025. If 1 c. ft. of fresh water weighs 62·5 lbs, calculate the pressure at a depth of 10 ft. in sea-water.]

উঃ। 10 ft. নীচে পরিষ্কার জলের চাপ = উচ্চতা × আঃ গুঃ × g

$= 10 \times 62·5 \times 32$ poundals

যেহেতু সমুদ্র-জল পরিষ্কার জল অপেক্ষা 1·025 গুণ ভারী, অতএব, সমুদ্র-জলে চাপ

$= 10 \times 62·5 \times 32 \times 1·025$ poundals (1 lbs $= 32$ poundals)

$= 10 \times 62·5 \times 1·025$ pounds

$= 640·625$ pounds.

3. একটি আয়তাকার বাক্সের দৈর্ঘ্য 10 ft., প্রস্থ 8 ft. এবং উচ্চতা 6 ft. ঐ বাক্স সম্পূর্ণ জলপূর্ণ করা হইলে বাক্সের তলায় মোট কত ঘাত পড়িবে?

(1 c. ft. জলের ওজন = 62·5 lbs)

[A rectangular box is 10 ft. long, 8 ft. broad and 6 ft. high. If the box is completeiy filled with water, find the thrust on the bottom of the box. 1 c. ft. of water weighs 62·5 lbs.]

উ,। জলের আয়তন $= 10 \times 8 \times 6$ c. ft.

ঐ জলের ওজন $= 10 \times 8 \times 6 \times 62·5$ pounds.

বাক্সের তলায় প্রতি বিন্দুতে চাপ $= \frac{10 \times 8 \times 6 \times 62.5}{\text{তলায় ক্ষেত্রফল}}$

$$= \frac{10 \times 8 \times 6 \times 62.5}{10 \times 8} = 375 \text{ pounds}$$

সুতরাং বলার ঘাত $= 375 \times 80 = 300000$ pounds

4. একটি হাইড্রলিক প্রেসের বড় পিস্টনের প্রস্থচ্ছেদের ব্যাস 12 inches এবং ছোট পিস্টনের ব্যাস $\frac{1}{2}$ inch. যদি ছোট পিস্টন কর্তৃক 30lb বল প্রয়োগ করা যায় তবে বড় পিস্টনে কত বড় উৎপন্ন হইবে ?

[The sectional diameter of the larger piston of a hydraulic press is 12 inches and that of the smaller piston is $\frac{1}{2}$ inch. If a force of 30 lbs is exerted by the smaller piston, what force will be developed at the larger ?

উঃ। আমরা জানি, চাপ $= \frac{\text{বল}}{\text{ক্ষেত্রফল}}$

$\therefore$ ছোট পিস্টনের চাপ $p = \frac{30 \text{ lbs}}{\pi(\frac{1}{4})^2 \text{ sq. in,}} = \frac{30 \times 16}{\pi}$ lbs/sq, inch.

সুতরাং বড় পিস্টনে উৎপন্ন বল $= p \times$ উহার ক্ষেত্রফল

$$= \frac{30 \times 16}{\pi} \pi (6)^2$$

$$= 30 \times 16 \times 36 = 17{,}280 \text{ lbs.}$$

5. একটি হাইড্রলিক প্রেসের দুইটি পিস্টনের ব্যাস যথাক্রমে 3 inches এবং 30 inches ; 12 ft লম্বা একটি লিভার দণ্ডের আলম্ববিন্দু হইতে 2 ft. দূরে ছোট পিস্টন আবদ্ধ। বড় পিস্টনে 5000 lb বল উৎপন্ন করিতে হইলে লিভারদণ্ডের প্রান্তে কত বল প্রয়োগ করিতে হইবে ?

[The diameters of the pistons of a hydraulic press are respectively 3 inches and 30 inches. The smaller piston is attached 2 ft, from the fulcrum end of a lever 12 ft. long, What force must be applied at the end of the lever to make the press exert a force of 5000 lbs ?]

উঃ। যদি W এবং F_2 যথাক্রমে লিভারপ্রান্তে প্রযুক্ত বল এবং বড় পিস্টনে উৎপন্ন বল হয় তবে আমরা জানি,

$$F_2 = W \times \frac{y}{x} \times \frac{\beta}{\alpha}$$ [৩নং প্রশ্নের উত্তর দ্রষ্টব্য]

এস্থলে $F_2=5000$ lbs ; $y=12$ ft ; $x=2$ ft ; $\alpha=\frac{\pi}{4}(3)^2$, $\beta=\frac{\pi}{4}(30)^2$

$$\therefore \quad 5000=W\times\frac{12}{2}\times\frac{\pi}{4}(3)^2\times\frac{4}{\pi(3)^2}$$

$$\text{or,} \quad W=\frac{50}{6}=8{\cdot}33 \text{ lbs}$$

6. একটি ঘনকের প্রত্যেক পাশের দৈর্ঘ্য 40 cm. 1 2 ঘনত্বসম্পন্ন একটি তরলে উহাকে এমনভাবে ডুবানো হইল যে উহার উপরতল 30 cm. গভীরতায় আছে। ঘনকের প্রত্যেক তলে মোট কত করিয়া ঘাত পড়িবে নির্ণয় কর।

[A cube of side 40 cm. is immersed in a liquid of density 1·2 gms/c.c. so that its upper face is at a depth of 30 cm. from the liquid surface. Calculate the total thrust on every surface.]

উঃ। ঘনকের উপরতলের গভীরতা 30 cm. সুতরাং নীচের তলের গভীরতা 30+40=70 cm. এবং প্রত্যেক খাড়াতলের ভারকেন্দ্র (30+20)=50 cm. গভীরতায় আছে ;

∴ উপর তলে মোট ঘাত = 40 × 40 × 30 × 1·2 = 57600 gm. wt.

নীচের তলে „ „ = 40 × 40 × 70 × 1·2 = 134400 „ „

প্রত্যেক খাড়াতলে „ „ = 40 × 40 × 50 × 1·2 = 96000 „ „

7. একটি খালের লক্‌-গেট 12 ft চওড়া। উহার একপাশে জলের গভীরতা 16 ft. এবং অন্যপাশে 10 ft. হইলে গেটের উপর মোট ঘাত কত নির্ণয় কর। 1 c. ft. জলের ওজন=62·5 lbs.

[The lock-gate of a canal is 12 ft. broad. The depth of water on one side of the gate is 15 ft. and that on the other side is 10 ft. Calculate the total thrust on the gate. 1 c. ft. of water weighs 62·5 lbs]

উঃ। যে পাশে জল 16 ft. গভীর তাহার ক্ষেত্রফল = 16 × 12 = 192 sq. ft. ঐ পাশের (side) ভারকেন্দ্র $\frac{16}{2}$ = 8 ft. গভীরে।

সুতরাং ঐ পাশে মোট ঘাত = 192 × 8 × 62·5 lbs. wt.

তেমনি অন্য পাশে „ „ = 120 × 5 × 62·5 „ „

এই দুই ঘাত একই রেখায় বিপরীত দিকে ক্রিয়া করায় গেটের উপর মোট ঘাত

$$=192\times8\times62.5-120\times5\times62.5$$
$$=62.5(1536-600)$$
$$=585,00 \text{ lbs. wt.}$$

8. একটি জলপূর্ণ বোতলের তলার প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল 30 sq. cm. উহার গলায় একটি কর্ক লাগান আছে। কর্কের ক্ষেত্রফল 1 sq. cm. কর্কের উপর যদি 40 gm. wt. বল প্রয়োগ করা যায় তবে বোতলের তলায় কত ঘাত পড়িবে ?

[The sectional area of the bottom of a bottle is 30 sq. cm. The bottle is full of water and is closed by a cork whose area is 1 sq. cm. If a force of 40 gm wt be applied on the cork, calcutate the force developed on the bottom.]

উঃ। কর্কে প্রদত্ত চাপ $=\frac{\text{বল}}{\text{ক্ষেত্রফল}}=\frac{40}{1}=40$ gm. wt/sq. cm.

এই চাপ বোতলের তলায় প্রতি একক ক্ষেত্রে সঞ্চালিত হইবে। অতএব তলার মোট ঘাত $=40\times$ তলার ক্ষেত্রফল $=40\times30=1200$ gm. wt.

9. একটি বস্তুর আয়তন 36 c c. বস্তুটির আয়তনের $\frac{3}{4}$ অংশ জলে নিমজ্জিত অবস্থায় ভাসিতে পারে। বস্তুটির ওজন ও ঘনত্ব কত ?

[The volume of a body is 36 c.c. It can float in water with $\frac{3}{4}$ths of its volume immersed. What will be the weight and density of the body ?]

উঃ। বস্তুটির যে আয়তন জলের ভিতর তাহা $=36\times\frac{3}{4}=27$ c.c.

সুতরাং অপসারিত জলের আয়তন $=27$ c c.

যেহেতু জলের ঘনত্ব 1 gm/c c , অপসারিত জলের ওজন $=27\times1$ gm.

যেহেতু বস্তুটি ভাসিতেছে, কাজেই, বস্তুর ওজন = অপসারিত জলের ওজন $=27$ gm.

$$\therefore \text{বস্তুর ঘনত্ব}=\frac{\text{ওজন}}{\text{আয়তন}}=\frac{27}{36}=0.75 \text{ gm/c c.}$$

10. একটি বস্তুর বায়ুতে ওজন 75 gms. কিন্তু জলের ভিতর ওজন 28 gms. বস্তুটির ঘনত্ব কত ?

[A body weighs 75 gms. in air and 28 gms. in water. **What** is its density ?]

উঃ। অপসারিত জলের ওজন $= 75 - 28 = 47$ gms.

∴ „ „ আয়তন $= 47$ c.c.

∴ বস্তুর আয়তন $= 47$ c.c.

কাজেই বস্তুর ঘনত্ব $= \frac{75}{47} = 1{\cdot}6$ gms/c.c. (প্রায়)

11. একটি বস্তু আয়তনের $\frac{1}{6}$ অংশ জলের বাহিরে রাখিয়া ভাসিতে পারে। ঐ বস্তুটিকে 1·2 gms/c.c. ঘনত্ব সম্পন্ন অন্য তরলে ভাসাইলে উহার আয়তনের কত অংশ তরলের বাহিরে থাকিবে ?

[A body floats in water with $\frac{1}{6}$th of its volume projecting. What fraction of its volume will project if it floats in another liquid of density 1·2 gms/c.c. ?]

উঃ। ধর, বস্তুর আয়তন $= V$ c.c.

জলের নীচে বস্তুর আয়তন $= \frac{5}{6} V$ c.c.

অপসারিত জলের আয়তন $= \frac{5V}{6}$ c.c.

„ „ ওজন $= \frac{5V}{6}$ gms. [জলের ঘনত্ব $= 1$ gm/c.c.]

যেহেতু বস্তুটি ভাসিতেছে, কাজেই বস্তুর ওজন $= \frac{5V}{6}$ gms.

সুতরাং দ্বিতীয় তরলে ডুবাইলে অপসারিত তরলের ওজন $= \frac{5V}{6}$ gms.

ঐ অপসারিত তরলের আয়তন $= \frac{5V}{6} \div 1{\cdot}2 = \frac{25V}{36}$ c.c.

সুতরাং বস্তুর যে আয়তন তরলে নিমজ্জিত $= \frac{25}{36} V$

∴ বস্তুর যে আয়তন তরলের বাহিরে $= V - \frac{25}{36} V = \frac{11}{36} V$

অথবা বস্তুর আয়তনের $\frac{11}{36}$ অংশ তরলের বাহিরে থাকিবে।

12. দুইটি বস্তুকে তুলাদণ্ডের দুই প্রান্তে ঝুলাইয়া জলে নিমজ্জিত করিলে তুলাদণ্ড অনুভূমিক হয়। একটি বস্তুর ওজন 28 gms. ও ঘনত্ব 5·6 gms/c.c. অপর বস্তুর ওজন 36 gms. হইলে উহার ঘনত্ব কত?

[Two bodies are in equilibrium when suspended in water from the arms of a balance. The mass of one body is 28 gms. and its density is 5·6 gms/c.c. If the mass of the other be 36 gms., what will be its density ?]

উঃ। ধর, উহার ঘনত্ব $=d$ gms/c.c.

জলে নিমজ্জিত অবস্থায় দুই বস্তুর আপাত ওজন সমান।

প্রথম বস্তুর আয়তন $=\frac{28}{5\cdot6}=5$ c.c.

∴ " " আপাত ওজন = প্রকৃত ওজন — সমআয়তন জলের ওজন

$$=28-5=23 \text{ gms.}$$

তেমনি, দ্বিতীয় বস্তুর আয়তন $=\frac{36}{d}=$ অপসারিত জলের আয়তন।

∴ দ্বিতীয় বস্তুর আপাত ওজন $=36-\frac{36}{d}$

$$\therefore \quad 36-\frac{36}{d}=23 \quad \text{or} \quad \frac{36}{d}=13$$

$$\therefore \quad d=\frac{36}{13}=2\cdot77 \text{ gms/c.c.}$$

13. 21 পাউণ্ড ওজনের একটি লোহার টুকরার সহিত একগাছা সূতা আটকান আছে। সূতাটি 20 পাউণ্ড টান সহ্য করিতে পারে। সূতাটির দ্বারা লোহার টুকরাকে ঝুলাইয়া জলে নিমজ্জিত করিলে টুকরার আয়তনের কত অংশ জলে ডুবিলে সূতাটি ঠিক টান সহ্য করিতে পারিবে? লোহার ঘনত্ব $=72\times62\cdot5$lbs/c. ft.

[A piece of thread is attached with a lump of iron weighing 21 lbs. The thread can bear a tension of 20 lbs. If the lump be put in water being suspended by the thread, what volume of the

lump will remain in water so that the thread may just bear the tension ? Density of iron $=7{\cdot}2\times62{\cdot}5$ lbs/c. ft.]

উঃ। এস্থলে টুকরাটির আয়তনের এমন অংশ ডুবিয়া থাকিবে যাহাতে টুকরার আপাত ওজন 20 পাউণ্ড হয়।

সুতরাং উহার ওজনের হ্রাস = 1 পাউণ্ড = অপসারিত জলের ওজন

সুতরাং অপসারিত জলের আয়তন $=\frac{1}{62{\cdot}5}$ c. ft.

(জলের ঘনত্ব $=62{\cdot}5$ lbs/c. ft.)

অর্থাৎ বস্তুর নিমজ্জিত আয়তনের পরিমাণ $=\frac{1}{62{\cdot}5}$ c. ft.

বস্তুর পুরা আয়তন $=\frac{\text{ওজন}}{\text{ঘনত্ব}}=\frac{21}{7{\cdot}2\times62{\cdot}5}$ c. ft.

সুতরাং নিমজ্জিত আয়তনের অংশ $=\frac{1}{62{\cdot}5}\div\frac{21}{7{\cdot}2\times62{\cdot}5}$

$=\frac{7{\cdot}2}{21}={\cdot}343$ (প্রায়)

14. একটি আয়তাকার কাঠের ফলক দৈর্ঘ্যে 4 ft, প্রস্থে 2 ft. ও উচ্চতায় 18 inches. উহার ওজন 600 lb. সমুদ্র-জলের ঘনত্ব 64lb/c. ft. হইলে প্রমাণ কর যে ফলকটি সমুদ্র জলে ভাসিবে। ন্যূনতম কত ওজন ফলকের উপর চাপাইলে উহা ঠিক ডুবিয়া যাইবে ?

[A rectangular wooden block is 4 ft. long. 2 ft. broad and 18 inches high. It weighs 600lbs. Density of sea-water being 64 lbs/c. ft., prove that the slab will float in sea-water. What is the minimum weight to be placeed on the slab so that it just sinks ?]

উঃ। ফলকের আয়তন $=4\times2\times\frac{18}{12}$ c. ft. $=12$ c. ft.

সুতরাং ফলক পূর্ণ নিমজ্জিত হইলে অপসারিত সমুদ্র-জলের আয়তন = 12 c. ft.

অপসারিত সমুদ্র জলের ওজন $=12\times64$ lbs. $=768$ lbs.

যেহেতু অপসারিত জলের ওজন ফলকের ওজন (600 lbs) অপেক্ষা বেশী অতএব ফলক সমুদ্র-জলে ভাসিবে।

ফলকাকে ঠিক ডুবাইতে হইলে ন্যূনতম ওজন

= অপসারিত জলের ওজন—ফলকের ওজন।

$=768-600=168$ lbs.

15. 1 c.c. সীসা (ঘনত্ব 11·4) ও 21 c.c কাঠ (ঘনত্ব 0·5) একসঙ্গে বাঁধিয়া জলে ছাড়া হইল। উহা ভাসিবে কি ডুবিবে নির্ণয় কর।

[1 c.c. lead (density 11·4) and 21 c.c. wood (density 0·5) are tied together and put in water. Ascertain whether the combination will float or sink.] [H. S. Exam., 1963]

উঃ সীসার ওজন $=1\times 11{\cdot}4=11{\cdot}4$ gms ;

কাঠের ওজন $=21\times{\cdot}5=10{\cdot}5$ gms.

মোট ওজন $=11{\cdot}4+10{\cdot}5=21{\cdot}9$ gms

উহাদের মোট আয়তন $=1+21=22$ c.c.

∴ অপসারিত জলের ওজন = 22 gms. সুতরাং উহারা ভাসিবে

16. একটি পিতলের ফাঁপা গোলক জলে ঠিক ডুবিয়া ভাসে। গোলকটির বাহিরের ব্যাস 2 ft. এবং পিতলের আপেক্ষিক গুরুত্ব 8 হইলে, গোলকটির ভিতরের ব্যাস এবং ওজন নির্ণয় কর।

[A hollow sphere of brass just floats in water almost completely immersed in water. If its outer diameter is 2 ft. and the sp. gravity of brass 8, find the inner diameter and the weight of the sphere.]

উঃ। ধর, গোলকটির ভিতরের ব্যাসার্ধ $=\gamma$

এখন, গোলকটির বাহিরের আয়তন $=\frac{4}{3}\pi\,(1)^3$ c. ft.

এবং ,, ভিতরের ,, $=\frac{4}{3}\pi\,(\gamma)^3$ c. ft.

সুতরাং পিতলের আয়তন $=\frac{4}{3}\pi\,(1-\gamma^3)$ c. ft.

এবং উহার ওজন $=\frac{4}{3}\pi\,(1-\gamma^3)\times 8\times 62{\cdot}5$ lbs.

[জলের ঘনত্ব = 62·5 lbs/c. ft.]

এখন, গোলকটি ডুবিয়া ভাসে বলিয়া, স্থানচ্যুত জলের ওজন = গোলকটির বাহিরের আয়তনের সমআয়তন জলের ওজন $=\frac{4}{3}\pi\,(1)^3\times 62{\cdot}5$ lbs.

ভাসনের সর্ত হইতে আমরা জানি,

গোলকের ভর = স্থানচ্যুত জলের ভর

$\frac{4}{3}\pi(1-\gamma^3)\times 8\times 62\cdot5=\frac{4}{3}\pi(1)^3\times 62\cdot5$

$$\therefore\quad 1-\gamma^3=\frac{1}{8}$$

$$\text{or, } \gamma^3=\frac{7}{8} \text{ or } \gamma=\frac{1\cdot9}{2}\text{ft.}$$

অতএব গোলকের ভিতরের ব্যাস = 1·9 ft.

গোলকের ভর $=\frac{4}{3}\pi\,(1-\frac{7}{8})\times 8\times 62\,5=261\cdot9$ lbs.

অনুশীলনী

1. কোন তরলের ভিতর 100 cm. গভীরতায় কোন বিন্দুতে চাপ কত নির্ণয় কর।

[Calculate the pressure at a depth 100 cm. in a liquid having density 1·03 gms/c.c.] [উঃ 101046 dynes/sq. cm.]

2. 270 gms. ওজনের একখানি বই টেবিলের উপর আছে। বইখানির ক্ষেত্রফল 120 sq. cm. বইখানি টেবিলের উপর কত চাপ প্রদান করিতেছে তাহা (i) gms. wt,/sq. cm. ও (ii) dynes/sq. cm.-এ নির্ণয় কর।

[A book weighing 270 gms. and having an area 120 sq cm. rests on a table. Find the pressure on the table in (i) gms. wt/sq. cm. and (ii) dynes/sq. cm.] [উঃ (i) 2·25, (ii) 2205]

3. সমুদ্রের কোন স্থানের গভীরতা 4320 ft. ঐ স্থানের চাপ pounds/sq. inch-এ নির্ণয় কর। জলের উপরতলে বায়ু-চাপ না ধরিলেও চলিবে। 1 c. ft. পরিষ্কার জলের ওজন 62·4 lbs. এবং সমুদ্র-জলের আপেক্ষিক গুরুত্ব 1·03.

[Thh depth of a sea at a point is 4320 ft. What is the pressure. in pounds per square inch, at the bottom of the locality ? Neglect pressure of air on the surface. 1 c. ft. of fresh water weighs 62·4 lbs and sp. gr. of sea-water is 1·03.]

[H. S. (Comp.), 1960] [উঃ 1928·16]

[সংকেত: 2 নং কষা অঙ্ক দেখ।]

4. একটি চোঙের ব্যাস 14 cm. ও উচ্চতা 40 cm ; চোঙটির পারদ (ঘনত্ব 13·6) দ্বারা পূর্ণ করিলে উহার তলদেশে কত ঘাত পড়িবে ?

[The diameter and height of a cylinder are respectively 14 cm. and 40 cm. If the cylinder is completely filled with mercury (density 13·6), calculate thrust on the base of the cylinder.] [উঃ 1035×10^5 dynes প্রায়]

5. একটি আয়তাকার জলাধারের দৈর্ঘ্য 10 ft., প্রস্থ 8 ft. ও উচ্চতা 6 ft. উহা জলপূর্ণ করিলে আধারের তলদেশে ও পার্শ্বে কত করিয়া ঘাত পড়িবে ?

[A rectangular reservoir of water is 10 ft. in length, 8 ft. in breadth and 6 ft. in height. Calculate the thrust on the bottom and sides of the reservoir when it is full of water]

[সংকেত : করা অঙ্ক 5নং দেখ] [উঃ তলদেশে - 96×10^4 poundals ,
ছোট পাশে $= 288 \times 10^3$,,
বড় ,, $- 36 \times 10^4$,,]

6. 8 cm. দৈর্ঘ্যযুক্ত একটি ঘনককে জলে 10 cm. গভীরতায় এমনভাবে ডুবানো হইল যে উহার উপরতল অনুভূমিক থাকে। ঘনকটির প্রত্যেক তলে (surface) কত ঘাত পড়িবে নির্ণয় কর।

[A cube of 8 cm. edge is immersed in water so that its upper surface is horizontal and is at a depth of 10 cm. from the free surface of water. Calculate the thrust on each surface of the cube.]

[উঃ উপরতলে = 640 gm. wt.
নীচু তলে = 1152 ,, ,,
প্রত্যেক খাড়াতলে = 896 ,, ,,]

7. একটি হাইড্রলিক প্রেসের ছোট পিষ্টনের প্রস্থচ্ছেদ 1 বর্গ ফিট এবং বড় পিষ্টনের প্রস্থচ্ছেদ 20 বর্গ ফিট। যদি ছোট পিষ্টনে 200 পাউণ্ড বলপ্রয়োগ করা হয় তবে বড় পিষ্টনে কত বল উৎপন্ন হইবে ?

[The sectional area of the smaller piston of a hydraulic press is 1 sq. ft. and that of the larger one is 20 sq. ft. If a

force of 200 lbs applied on the smaller piston, calculate the force developed on the larger one.] [উ: 4000 পাউণ্ড]

8 একটি হাইড্রলিক প্রেসের দুইটি পিস্টনের প্রস্থচ্ছেদের ব্যাস যথাক্রমে 2 cm ও 10 cm. যদি ছোট পিস্টনে 50 kgms চাপানো যায় তবে বড় পিস্টনে কত ওজন চাপানো যাইবে ?

[The diameters of two pistons of a hydraulic press are 2 cm. and 10 cm. If a mass of 50 kgms be placed on the smaller piston, what mass can be placed on the larger one ?]

[উ: 1250 kgm.]

9. একটি জলপূর্ণ বোতলের গলার ব্যাস ½ inch এবং তলার ব্যাস 4 inches ; যদি বোতলের কর্কে 1 lb বলপ্রয়োগ করা হয় তবে তলদেশে কত বল উৎপন্ন হইবে ?

[A bottle, full of water, has a neck of diameter ½ inch and bottom of diameter 4 inches If a force of 1 lb be applied to the cork fitted to the neck, what force will be produced on the bottom ?]

[সংকেত : কর্ষু অঙ্ক 8নং দেখ] [উ: 64 lbs.]

10 একটি বোতল তেল দ্বারা পূর্ণ করিয়া কর্ক আঁটকানো হইল। বোতলের গলা এবং তলার ব্যাস যথাক্রমে ½ inch এবং 3 inches কর্কের উপর 5 lbs wt. চাপ দিলে তলায় কত বল উৎপন্ন হইবে ?

[A bottle is completely filled with oil and corked. If the diameters of the neck and the bottom of the bottle be ½ inch and 3 inches respectively, calculate the thrust on the bottom when the cork is pressed with a force of 5 lbs wt

[H. S Exam , 1961] [উ: 180 lbs]

11. একটি হাইড্রলিক প্রেসের লিভারের দুই বাহুর দৈর্ঘ্য 4 inches এবং 2 ft. ; ছোট পিস্টনের ব্যাস 2 inches এবং বড় পিস্টনের ব্যাস 20 inches, লিভারের প্রান্তে 25 lbs. বলপ্রয়োগ করিলে বড় পিস্টনে মোট কত ঘাত উৎপন্ন হইবে ?

[Two arms of the lever of a hydraulic press are 4 inches and 2 ft. long. The diameter of the smaller piston is 2 inches and that of the larger one is 20 inches. If a force of 25 lbs be

applied at the end of the lever, what force will be developed on the larger piston ?] [উ: 15000 lbs.]

12. কোন বস্তুর বায়ুতে ওজন 50 gms. কিন্তু জলের ভিতরে ওজন 40 gms. ; বস্তুটির ঘনত্ব কত ?

[A body weighs 50 gms. in air and 45 gms. in water. What is its density ?] (উ: 5 gms/c.c.)

13. একখণ্ড লোহার ওজন 275 gms ; পারদে লোহখণ্ডটি আয়তনের $\frac{5}{9}$ অংশ নিমজ্জিত অবস্থায় ভাসিতে পারে। পারদের ঘনত্ব 13·59 gms/c.c. হইলে লোহার ঘনত্ব নির্ণয় কর।

[A piece of iron, weighing 275 gms. floats in mercury (density 13·59 gms/c.c.) with 5 9th of its volume immersed. Calculate the density of iron] (উ: 7·55 gms./c.c.)

14. একটি ব্লক উহার আয়তনের 0·2 ভাগ বাহিরে রাখিয়া কোন তরলে ভাসিতে পারে এবং 0·1 ভাগ বাহিরে রাখিয়া জলে ভাসিতে পারে। তরলের ঘনত্ব কত ?

[A block floats in a liquid with 0 2 of its volume exposed and in water with 0·1 of its volume exposed. Find the density of the liquid.] **(H. S. Comp., 1962)** (Ans. 1·125 gms/c.c.)

15. একখণ্ড কাঠের টুকরার দৈর্ঘ্য 5 cm. প্রস্থ 4 cm ও উচ্চতা 3 cm. যদি টুকরাটি উচ্চতার 2·5 cm. জলে ডুবিয়া ভাসিতে থাকে, তবে টুকরাটির ওজন কত ?

[A piece of wood, 5 cm. long, 4 cm. broad and 3 cm. high floats in water with 2·5 cm. of its height immersed. What is the weight of the piece ?] (উ: 50 gms.)

16 কাচ নির্মিত একটি ফাঁপা গোলক 0·6 gm/c c ঘনত্বের কোন তরলে ঠিক ডুবিয়া ভাসে। 1·2 gms/c.c. ঘনত্বের অন্য তরলে উহাকে ভাসাইলে উহার আয়তনের কত অংশ ডুবিয়া থাকিবে ?

[A hollow sphere of glass just and only just floats in a liquid of density 0·6 gm/c.c. Find what volume of the sphere will be immersed if it floats in another liquid of density 1·2.]

(উ: $\frac{1}{2}$)

17. এক টুকরা লোহার বায়ুতে ওজন 155 gms. ও জলের মধ্যে ওজন 133 gms. টুকরাটির আয়তন ও লোহার ঘনত্ব নির্ণয় কর। 0·8 gm/c.c. ঘনত্বযুক্ত এ্যালকোহলে নিমজ্জিত অবস্থায় ঐ টুকরার আপাত ওজন কত হইবে।

[A piece of iron weighs 155 gms. in air and 133 gms. in water. Find the volume and density of iron. What will be its apparent weight when immersed in another liquid of density 0·8 gm/c.c, ?] (উঃ 22 c.c., 7·05 : 137·4 gms.)

18. একটি কাঠের দণ্ডের প্রস্থ 2 cm. ও বেধ 2 cm. এবং দৈর্ঘ্য 20 cm.। উহার এক প্রান্তে 1 c.c. সীসা (ঘনত্ব 11·4 gms/c c.) আটকানো আছে। জলে ছাড়িয়া দিলে দণ্ডটির 7·4 cm জলের বাহিরে থাকে। কাঠের ঘনত্ব কত? অন্য একটি তরলে দণ্ডটির 11·5 cm তরলের বাহিরে থাকে। ঐ তরলের ঘনত্ব কত?

[A rod of wood 2 cm. broad 2 cm. wide and 20 cm. long has 1 c.c. of lead (density 11·4 gms/c.c) attached at one end. When put in water, the rod floats with 7·4 cm. outside water. What is the density of wood? In another liquid, 11·5 cm. of the rod projects, What is the density of that liquid ?]

(উঃ 0·5 gm/c.c. : 1·47 gms/c c.)

19. একটি তুলাদণ্ডের দুইপ্রান্ত হইতে দুইটি বস্তুকে ঝুলাইয়া জলে নিমজ্জিত করিলে তুলাদণ্ড অনুভূমিক থাকে। একটির ওজন 32 gms ও ঘনত্ব 8 gms/c.c হইলে অপরটির ওজন কত? অপরটির ঘনত্ব 5 gms/c.c.

[The beam of a balance remains horizontal when two bodies suspended from the ends are kept immersed in water. The mass of one is 32 gms. and density is 8 gms/c.c. The density of the other being 5 gms/c.c, what is its mass ?]

[সংকেত : করা অঙ্ক 12 নং দেখ]] উঃ 35 gms.]

20 একটি আয়তাকার কাঠের ব্লকের ক্ষেত্রফল 120 sq. cm. এবং উহার উচ্চতা 6 cm.; কাঠের ঘনত্ব 0·6 gms/c.c. হইলে জলে ভাসমান অবস্থায় উহার উচ্চতার কতটুকু জলে ডুবিয়া থাকিবে? উহাকে 5 cm. গভীরতায় ডুবাইতে গেলে উহার উপরে কত ওজন চাপাইতে হইবে?

[The area of a rectangular wooden block is 120 sq. cm. and its height is 6 cm The density of wood being 0 6 gms/c.c., how much of its height will remain immersed if it floats in water ? What weight will be required to immerse 5 cm. of its height in water ?] [উঃ 3·5 cm. ; 168 gms.]

21. 19 gms ওজনের এক টুকরা কর্ক 63 gms ওজনের একখণ্ড রূপার সহিত আটকানো হইল। দেখা গেল উভয়ে মিলিয়া ঠিক ডুবিয়া জলে ভাসে। রূপার ঘনত্ব 10·5 gms/c.c., হইলে কর্কের ঘনত্ব কত ?

[A piece of cork, weighing 19 gms. is tied with a piece of silver weighing 63 gms. The combination just and only just floats in water. If the density of silver be 10·5 gms., what is the density of cork ?] [উঃ 0·25 gm/c.c.]

22. 0·9 gm/c.c. ঘনত্বযুক্ত একখণ্ড কাঠ এবং 2·7 gms/c.c ঘনত্বযুক্ত 10 gms ওজনের এক টুকরা এলুমিনিয়াম একসঙ্গে বাঁধিয়া দেখা যায় যে উহারা জলে ঠিক ডুবিয়া ভাসিতে পারে। কাঠের টুকরার আয়তন নির্ণয় কর।

[A piece of wood of density 0·9 gm/c c. when tied with a piece of aluminium weighing 10 gms. and having density 2·7 gms/c.c. just and only just floats in water. Calculate the volume of the piece of wood.] [উঃ 62·96 c.c.]

23. 51 gms. ওজনের একটি লোহার টুকরার সহিত একগাছা সূতা আটকানো আছে। সূতাটি 49 gms. ওজনের টান সহ্য করিতে পারে। সূতাটির দ্বারা লোহার টুকরাকে ঝুলাইয়া জলে নিমজ্জিত করিলে টুকরার আয়তনের কত অংশ জলে ডুবিলে সূতাটি ঠিক টান সহ্য করিতে পারিবে ? [লোহার ঘনত্ব = 7 gms/c.c.]

[A piece of thread is attached with a lump of iron (density 7 gms/c.c.) weighing 51 gms. The thread can bear a tension of 49 gms. When the lump tied by the thread is put in water, what volume of the lump will remain immersed so that the thread may bear the tension ? [উঃ 0·274]

[সংকেত : করা অঙ্ক 13নং দেখ]

24. 100 c.c আয়তনের এবং 0·85 gm/c.c. ঘনত্বের একটি বস্তু জলে ভাসিতেছে। জলের উপর 0·8 gm/c.c. ঘনত্বের একটি তরল পদার্থ ঢালা হইল যাহাতে বস্তুটি সম্পূর্ণ আবৃত হয়। বস্তুটির কত আয়তন এখন জলে ডুবিয়া আছে ?

[A body of density 0·85 gm/c c. and volume 100 c.c. floats in water. Oil of density 0·8 gm/c.c. is poured on water just enough to cover the body. What volume of the body be now under water ?] [উঃ 25 c.c.]

[সংকেত : বস্তুর ওজন $= 100 \times \cdot 85 = 85$ gms.
ধর, নির্ণেয় আয়তন $= V$;
অতএব $85 = V \times 1 + (100 - V) \times \cdot 8$
$\therefore \; V = 25$ c.c]

25. একটি ফাঁপা গোলকের বাহিরের এবং ভিতরের ব্যাস যথাক্রমে 8 cm. এবং 6 cm ; গোলকটি ঠিক জলে ডুবিয়া ভাসে। গোলকটির উপাদানের ঘনত্ব কত ?

[The external and internal diameter of a hollow sphere are respectively 8 cm. and 6 cm. The sphere floats in water just immersed. Find the density of the material of the sphere.]

[উঃ 1·73 gm/c.c.]

26. কোন পাত্রে রক্ষিত জলে 5 gm. ওজনের একটি কর্ক টুকরা ভাসিতেছে। 10 gm. ওজনের এক টুকরা পাথরকে কর্কের উপর রাখা হইল। উহারা একসঙ্গে থাকিয়া কত আয়তনের জল অপসারণ করিবে ?

যদি পাথর টুকরাকে পাত্রের জলে ফেলিয়া দেওয়া হয় তাহা হইলে উভয়ে মিলিয়া এখন কত আয়তনের জল অপসারণ করিবে ? (পাথরের আঃ গুঃ $= 2 \cdot 5$; কর্কের $= 0 \cdot 25$) পাথরখণ্ডকে জলে ফেলিয়া দিবার ফলে, পাত্রে জলের লেভেল উঁচুতে উঠিবে না নীচে নামিবে ?

[A piece of cork weighing 5 gms. floats in water contained in a vessel. A piece of stone weighing 10 gms. is placed on the cork. What volume of water will the combination displace ?

[If the piece of stone is dropped into the water of the vessel, what volume of water will the cork and stone now displace ? (sp. gr. of stone=2·5 ; of cork=0·25). Will the water level in the vessel rise or fall as a result of dropping the stone into the water ?] [H. S. (Comp.), 1965] [উঃ 15 c.c., 9 c.c., fall]

দ্বিতীয় পরিচ্ছেদ

আপেক্ষিক গুরুত্ব ও ঘনত্ব

প্রশ্ন ১। (i) সি. জি. এস্. পদ্ধতিতে আপেক্ষিক গুরুত্ব ও ঘনত্বের মান সমান কেন ?

[Why in C. G. S. system, the values of density and specific gravity are the same ?]

[H. S. (Comp.), 1960]

(ii) আপেক্ষিক গুরুত্ব ও ঘনত্বের মধ্যে পার্থক্য বর্ণনা কর।

[Distinguish between density and sp. gravity.]

[H. S. (Comp.), 1960]

(iii) সোনার আপেক্ষিক গুরুত্ব 19·3 হইলে, সি. জি. এস্. এবং এফ্. পি. এস্. পদ্ধতিতে সোনার ঘনত্ব কত ?

[If the sp. gravity of gold be 19·3, what will be its density in the C. G. S. and F. P. S. systems ?]

[H. S. (Comp.), 1962]

উঃ। (i) জলকে নির্দিষ্ট মান ধরিয়া সমআয়তন জল অপেক্ষা কোন্ কঠিন বস্তু কতগুণ ভারী তাহাই ঐ কঠিন বস্তুর আপেক্ষিক গুরুত্ব বুঝায়। সুতরাং কোন বস্তুর আপেক্ষিক গুরুত্ব 'S' বলিলে

$$S = \frac{\text{বস্তুর আয়তন}}{\text{সমআয়তন জলের ওজন}}$$

[আপেক্ষিক গুরুত্ব বিচারে 4°C তাপমাত্রায় জলের ওজন লওয়া উচিত। কিন্তু সাধারণক্ষেত্রে তাপমাত্রার উল্লেখের বিশেষ প্রয়োজন করে না।]

যদি বস্তুর আয়তন V হয় তবে,

$$S = \frac{V \text{ আয়তনের বস্তুর ওজন}}{V \text{ আয়তনের জলের ওজন}}$$

$$= \frac{\text{একক আয়তন বস্তুর ভর}}{\text{〃 〃 জলের ভর}} \quad [\text{ওজন} = \text{ভর} \times g]$$

$$= \frac{\text{বস্তুর ঘনত্ব}}{\text{জলের ঘনত্ব}}$$

এখন সি. জি. এস্ পদ্ধতিতে জলের ঘনত্ব 1 gm/c.c. কাজেই ঐ পদ্ধতিতে

$$S = \frac{\text{বস্তুর ঘনত্ব}}{1}$$

= বস্তুর ঘনত্ব

অর্থাৎ এই পদ্ধতিতে বস্তুর আপেক্ষিক গুরুত্ব ও ঘনত্বের মান সমান।

(ii) নিম্নে আপেক্ষিক গুরুত্ব ও ঘনত্বের তফাত উল্লেখ করা হইল।

(1) জলকে নির্দিষ্ট মান ধরিয়া সমআয়তন জল অপেক্ষা কোন বস্তু কতগুণ ভারী তাহাই আপেক্ষিক গুরুত্ব বুঝায়; কিন্তু ঘনত্ব বলিতে বস্তুর একক আয়তনে যতখানি জড় পদার্থ আছে তাহাই বুঝায়।

(2) আপেক্ষিক গুরুত্ব একটি সংখ্যা মাত্র—ইহার কোন একক নাই, কিন্তু ঘনত্ব তাহা নয়। ঘনত্বের নির্দিষ্ট একক আছে।

(3) সি. জি. এস্ পদ্ধতিতে ঘনত্বের ও আপেক্ষিক গুরুত্বের মান সমান কিন্তু এফ. পি. এস্ পদ্ধতিতে আপেক্ষিক গুরুত্বকে 62·5 দিয়া গুণ করিলে ঘনত্বের সমান হইবে।

(iii) আমরা জানি, সি জি. এস্. পদ্ধতিতে আপেক্ষিক গুরুত্বের মান ঘনত্বের মানের সমান। সুতরাং সি. জি. এস. পদ্ধতির সোনার ঘনত্ব 19·3 gms/cc.

আবার এফ. পি এস্ পদ্ধতিতে 62·5 × আপেক্ষিক গুরুত্ব = ঘনত্ব।

কাজেই ঐ পদ্ধতিতে সোনার ঘনত্ব = 62·5 × 19·3 lbs /c. ft.

= 1206·25 lbs/c. ft.

প্রশ্ন ২। 'আপেক্ষিক গুরুত্বের' সংজ্ঞা লেখ। আপেক্ষিক গুরুত্বের নির্ভুল নির্ণয়ে জলের তাপমাত্রা 4°C লওয়া হয় কেন? জলের তাপমাত্রা ভিন্ন থাকিলে আপেক্ষিক গুরুত্বের প্রয়োজনীয় সংশোধন কিরূপে করা যায়?

[Define 'specific gravity'. Why is the temperature of water taken 4°C in determining specific gravity accurately ?

If the temperature of watcr be other than 4°C, what is the necessary correction of specific gravity ?]

উঃ। **সংজ্ঞা ঃ** ১নং প্রশ্নের উত্তরের প্রথমাংশ দ্রষ্টব্য।

দ্বিতীয়াংশ ঃ তাপমাত্রার সহিত জলের ঘনত্ব কিরূপে পরিবর্তন করে তাহা পরীক্ষা করিয়া দেখা গিয়াছে 4°C তাপমাত্রায় জলের ঘনত্ব সর্বোচ্চ হয়। তাছাড়া 4°C তাপমাত্রার কাছাকাছি সামান্য তাপমাত্রা পরিবর্তনে জলের ঘনত্বের বিশেষ কোন পরিবর্তন হয় না। এই কারণে 4°C তাপমাত্রায় জলের ঘনত্বকে একক ধরা হয় এবং আপেক্ষিক গুরুত্বের সূক্ষ্ম বিচারে 4°C তাপমাত্রার উল্লেখ করা হয়।

তাপমাত্রা সংশোধন ঃ

জলের তাপমাত্রা 4°C ছাড়া অন্য কিছু হইলে নিম্নলিখিত সংশোধন করিতে হয়। মনে কর, জলের তাপমাত্রা t°C ; এখন, বস্তুর প্রকৃত আপেক্ষিক গুরুত্ব 'S' হইলে,

$$S = \frac{\text{বস্তুর ওজন}}{4^\circ C \text{ তাপমাত্রায় সমআয়তন জলের ওজন}}$$

উপরোক্ত সমীকরণকে ঘুরাইয়া লিখিলে দাঁড়ায়,

$$S = \frac{\text{বস্তুর ওজন}}{t^\circ C \text{ তাপমাত্রায় সমআয়তন জলের ওজন}}$$

$$\times \frac{t^\circ C \text{ তাপমাত্রায় ঐ জলের ওজন}}{4^\circ C \text{ ,, ,, ,, ,,}}$$

$$= \text{নির্ণীত আপেক্ষিক গুরুত্ব} \times t^\circ C \text{ তাপমাত্রায় জলের ঘনত্ব।}$$

বিভিন্ন তাপমাত্রায় জলের ঘনত্ব কত হয় তাহার একটি তালিকা আছে। কাজেই ঐ তালিকা হইতে জলের প্রয়োজনীয় ঘনত্ব জানিয়া লইয়া উহা দ্বারা নির্ণীত আপেক্ষিক গুরুত্বকে গুণ করিলে নির্ভুল আপেক্ষিক গুরুত্ব পাওয়া যাইবে।

প্রশ্ন ৩। জল অপেক্ষা হাল্কা বস্তুর আপেক্ষিক গুরুত্ব কিরূপে নির্ণয় করিবে ?

[How do you find the sp. gr. of a solid lighter than water ?] [H. S. (Comp.), 1962]

উঃ। জল অপেক্ষা হাল্‌কা কঠিন দ্রব্যের আপেক্ষিক গুরুত্ব উদস্থৈতিক তুলা বা নিকলসন হাইড্রোমিটার দ্বারা নির্ণয় করা যাইতে পারে। উদস্থৈতিক তুলা পদ্ধতি নিম্নে বর্ণনা করা হইল :—

সুবিধামত বস্তুর একটি খণ্ড লও এবং বায়ুতে উহার ওজন নির্ণয় কর। জল অপেক্ষা হালকা হওয়াতে বস্তু জলে ডুবিয়া থাকিবে না। উহাকে ডুবাইবার জন্য একটি ভারী বস্তুর সাহায্য লইতে হইবে। ইহাকে নিমজ্জক বলা হইবে। নিমজ্জকটি জলে অদ্রাব্য হইতে হইবে। সুবিধামত একখণ্ড নিমজ্জক লও এবং তুলাদণ্ডের একপ্রান্ত হইতে সূতা দিয়া ঝুলাইয়া জলে নিমজ্জিত অবস্থায় ওজন লও।

এইবার নিমজ্জক ও বস্তুকে একসঙ্গে সূতা দিয়া বাঁধিয়া পূর্বের ন্যায় তুলাদণ্ডের প্রান্ত হইতে ঝুলাও এবং জলে ডুবাও। উহাদের ওজন লও। এখন লেখা যাইবে :—

বস্তুর বায়ুতে ওজন $= W_1$

নিমজ্জকের জলে ওজন $= W_2$

নিমজ্জক ও বস্তুর জলে ওজন $= W_3$

এখন (বস্তু বায়ুতে + নিমজ্জক জলে) ওজন $= W_1 + W_2$

এবং (বস্তু জলে + নিমজ্জক জলে) ওজন $= W_3$

সুতরাং (বস্তু বায়ুতে − বস্তু জলে) ওজন $= W_1 + W_2 - W_3$

= বস্তুর সমআয়তনের জলের ওজন

$$\therefore\ S = \frac{\text{বস্তুর ওজন}}{\text{সমআয়তন জলের ওজন}}$$

$$= \frac{W_1}{W_1 + W_2 - W_3}$$

***প্রশ্ন ৪। নিম্নলিখিত বস্তুগুলির আপেক্ষিক গুরুত্ব কিরূপে নির্ণয় করিবে বর্ণনা কর : (i) ফট্‌কিরী (ii) তুঁতে।**

[Describe how the sp. gr. of the following articles can be determined : (i) Alum, (ii) Copper sulphate.]

উঃ। ফট্‌কিরী ও তুঁতে উভয়েই জলে দ্রবণীয়। এই অবস্থায় এমন একটি তরল বাছিয়া লইতে হইবে যাহাতে বস্তু দ্রবণীয় নয়। ফট্‌কিরী বা তুঁতের বেলাতে কেরোসিন তেল লইলে চলিবে। প্রথমে কেরোসিনের তুলনায় বস্তুর আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয় করিতে হইবে।

সুবিধামত ফট্‌কিরী বা তুঁতের একটি টুকরা লও এবং বায়ুতে উহার ওজন নির্ণয় কর। ধর, এই ওজন W_1. অতঃপর তুলাদণ্ডের একপ্রান্ত হইতে সুতা দ্বারা উহাকে ঝুলাও এবং কেরোসিনে নিমজ্জিত অবস্থায় ওজন নির্ণয় কর। ধর, এই ওজন W_2.

সুতরাং $W_1 - W_2$ = কেরোসিনে নিমজ্জিত অবস্থায় বস্তুর ওজন হ্রাস
= সমআয়তন কেরোসিনের ওজন।

অতএব কেরোসিনের তুলনায় বস্তুর আপেক্ষিক ঘনত্ব (relative density)

$$S_2 = \frac{W_1}{W_1 - W_2}$$

যদি কেরোসিনের আপেক্ষিক গুরুত্ব S_1 হয়, তবে ফট্‌কিরী বা তুঁতের আপেক্ষিক গুরুত্ব $S = S_2 \times S_1 = \frac{W_1}{W_1 - W_2} \times S_1$

[কারণ $S = \frac{\text{বস্তুর ওজন}}{\text{সমআয়তন জলের ওজন}}$

$= \frac{\text{বস্তুর ওজন}}{\text{সমআয়তন কেরোসিনের ওজন}} \times \frac{\text{সমআয়তন কেরোসিনের ওজন}}{\text{সমআয়তন জলের ওজন}}$

= কেরোসিনের তুলনায় বস্তুর আঃ গুঃ × কেরোসিনের আঃ গুঃ

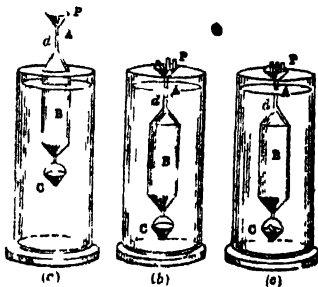
$= S_2 \times S_1$]

[**দ্রষ্টব্য :** ফট্‌কিরী বা তুঁতে যদি গুঁড়া অবস্থায় দেওয়া হয় তবে তুলার সাহায্যে আঃ গুঃ নির্ণয় চলিবে না। তখন আপেক্ষিক গুরুত্ব বোতলের সাহায্যে লইতে হয়। ঐ প্রণালী ৬নং প্রশ্নে আলোচনা করা হইয়াছে।]

প্রশ্ন ৫। নিকলসন হাইড্রোমিটারের বর্ণনা দাও। উহার সাহায্যে কঠিন ও তরলের আপেক্ষিক গুরুত্ব কিরূপে নির্ণয় করিবে ?

[Describe a Nicholson's hydrometer. How do you determine the sp. gr. of a solid and a liquid with it ?]

উঃ। বিবরণ :

14 (*a*) নং চিত্রে একটি নিকলসন হাইড্রোমিটার দেখানো হইল। ইহা একটি ফাঁপা বন্ধ চোঙ (B). ইহার দুই প্রান্ত শঙ্কু আকৃতি (conical)। উপর প্রান্তে একটি সরু লম্বা দণ্ড (*d*) লাগানো এবং দণ্ডের শেষে একটি পাত্র (P)। এই পাত্রে পরীক্ষাধীন বস্তু বা বাটখারা রাখা যায়। ঐ দণ্ডের গায়ে একটি দাগ (A) কাটা আছে। হাইড্রোমিটারকে সর্বদা ঐ দাগ পর্যন্ত তরলে ডুবাইতে হয়। অর্থাৎ সর্বদা যন্ত্রটির এক নির্দিষ্ট আয়তন তরলে নিমজ্জিত করা হয়। সুতরাং যন্ত্রদ্বারা অপসারিত তরলের আয়তন সর্বদা এক থাকে। চোঙের নীচের প্রান্তে একটি বালতি (C) আছে। উহা পারা অথবা সীসা দ্বারা ভর্তি থাকে। হাইড্রোমিটারের ওজন এমন করা হয় যে উহা জলে বা তরলে খাড়াভাবে ভাসিতে পারে এবং A দাগ তরলের কিছু উপরে থাকে।

চিত্র নং 14

কঠিনের আপেক্ষিক গুরুত্ব :

একটি লম্বা কাচের পাত্র জলপূর্ণ করিয়া তাহার মধ্যে হাইড্রোমিটার ডুবাও। স্বাভাবিক অবস্থায় হাইড্রোমিটার জলে ভাসিবে এবং A দাগ জলের বেশ উপরেই থাকিবে। প্রয়োজনমত বাটখারা P পাত্রে রাখ যাহাতে হাইড্রোমিটার A-দাগ পর্যন্ত জলে ডোবে। ধর, এই ওজন W_1. বাটখারাগুলি সরাইয়া লও।

সুবিধামত বস্তুর একটি টুকরা লও এবং P-পাত্রে রাখ। এখন আবার প্রয়োজনমত বাটখারা P-পাত্রে রাখ যাহাতে হাইড্রোমিটার পুনরায় A-দাগ পর্যন্ত ডুবিয়া যায় [14 (*b*) নং চিত্র]। ধর, এই ওজন W_2. বস্তু ও বাটখারা সরাইয়া লও।

এবার বস্তুটি C-বালতির উপর রাখ এবং হাইড্রোমিটার জলে ডুবাও। বস্তুটি এবার জলে ডুবিয়া থাকিল। এই অবস্থায় P-পাত্রে বাটখারা দাও যাহাতে হাইড্রোমিটার A-দাগ পর্যন্ত ডোবে [14 (*c*) নং চিত্র]। ধর, এই ওজন W_3.

বায়ুতে বস্তুটির ওজন $= W_1 - W_2$

জলে নিমজ্জিত অবস্থায় বস্তুর ওজন $= W_1 - W_3$

∴ সমআয়তন জলের ওজন $= (W_1 - W_2) - (W_1 - W_3)$

$$= W_3 - W_2$$

∴ বস্তুর আপেক্ষিক গুরুত্ব $= \dfrac{W_1 - W_2}{W_3 - W_2}$

[**দ্রষ্টব্য ঃ** বস্তু জল অপেক্ষা হালকা হইলেও উপরোক্ত পদ্ধতি অনুসরণ করিতে হইবে। শুধু বস্তুটিকে C বালতিতে রাখিয়া সুতাদ্বারা বাঁধিয়া দিতে হইবে। কারণ জলে ডুবাইলে বস্তুটি ভাসিয়া উঠিবে।]

তরলের আপেক্ষিক গুরুত্ব ঃ

এমন একটি কঠিন বস্তুর টুকরা লও যাহা পরীক্ষাধীন তরলে দ্রবণীয় নয়।

হাইড্রোমিটারকে জলে ভাসাও এবং P-পাত্রে বস্তুটি রাখিয়া বাটখারা দাও যাহাতে যন্ত্রটি নির্দিষ্ট A-দাগ পর্যন্ত ডোবে। ধর, এই ওজন W_1.

বস্তুটি এবার C-বালতিতে রাখিয়া P-পাত্রে বাটখারা দাও এবং যন্ত্রকে A-দাগ পর্যন্ত ডুবাও। ধর ওজন W_2.

সুতরাং $W_2 - W_1 =$ বস্তুটির সমআয়তন জলের ওজন।

এইবার হাইড্রোমিটারকে তরলে ডুবাও ও পূর্বের ন্যায় দুইবার ওজন কর। মনে কর, এই ওজন দুইটি W_3 এবং W_4.

কাজেই $W_4 - W_3$ = বস্তুটির সমআয়তন তরলের ওজন।

$$\therefore \text{ তরলের আপেক্ষিক গুরুত্ব} = \frac{W_4 - W_3}{W_2 - W_1}$$

প্রশ্ন ৬। নিকলসন হাইড্রোমিটারের সাহায্যে কর্কের আপেক্ষিক গুরুত্ব কিরূপে নির্ণয় করিবে বর্ণনা কর।

[Describe how you would find the specific gravity of cork with the help of a Nicholson's Hydrometer.]

[H. S. Exam., 1964]

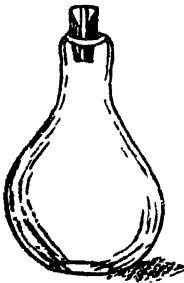
উঃ। 'কর্ক' জল অপেক্ষা হাল্কা এবং জলে অদ্রাব্য। ইহার আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয় প্রণালী ভারী কঠিন পদার্থের প্রণালীর মতই ; তবে জলে ডুবাইবার সময় ইহাকে হাইড্রোমিটারের সহিত বাঁধিয়া দিতে হইবে। ৫নং প্রশ্ন, প্রথম ভাগ দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ৭। বালির আপেক্ষিক গুরুত্ব কিরূপে নির্ণয় করিবে ?

[How would you determine the sp. gr. of sand ?]

অথবা,

আপেক্ষিক গুরুত্ব বোতল বর্ণনা কর ও উহা দ্বারা গুঁড়া পদার্থের আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয় পদ্ধতি বুঝাইয়া লেখ।

[Describe a specific gravity bottle and explain the method of finding the sp. gravity of powdered substance by it.]

উঃ। বালি গুঁড়া পদার্থ বলিয়া উহার আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয়ের সহজ উপায় হইল আপেক্ষিক গুরুত্ব বোতল। নিম্নে ইহার বর্ণনা দেওয়া হইল।

ইহা একটি সরু গলাযুক্ত কাচের বোতল (15 নং চিত্র)। ইহার তলা চওড়া এবং মুখ একটি কাচের ছিপি দিয়া জলনিরুদ্ধভাবে আটকানো যায়। ছিপির ভিতর

চিত্র নং 15

দিয়া একটি ছিদ্র চলিয়া গিয়াছে। বোতলটি জলপূর্ণ করিয়া ছিপি আঁটিয়া দিলে অতিরিক্ত জল এই ছিদ্র দিয়া বাহির হইয়া যাইবে এবং বোতলটি জলপূর্ণ হইবে।

পরিষ্কার, খালি বোতল লইয়া ওজন কর। বালির খানিকটা বোতলে রাখিয়া পুনরায় ওজন লও। বোতলের বাকী অংশ জলপূর্ণ করিয়া পুনরায় ওজন লও। এইবার জল, বালি প্রভৃতি ফেলিয়া বোতলকে পরিষ্কার ও শুষ্ক কর। বোতলটি শুধু জলদ্বারা পূর্ণ কর ও ওজন লও। এই ওজনগুলিকে নিম্নের ন্যায় লেখা যাইতে পারে :—

ধর, খালি বোতলের ওজন $= W_1$

(বোতল + বালি)-র ওজন $= W_2$

(বোতল + বালি + জল)-এর ওজন $= W_3$

(বোতল + পূর্ণ জল)-এর ওজন $= W_4$

অতএব, বালির ওজন $= W_2 - W_1$

এবং বোতলের অভ্যন্তরস্থ বালির আয়তন ছাড়া বাকী আয়তনসম্পন্ন জলের ওজন $= W_3 - W_2$

বোতলের ভিতরের আয়তনের সমআয়তন জলের ওজন $= W_4 - W_1$

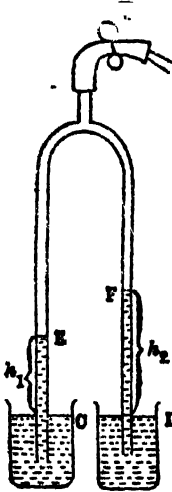
$\therefore$ বালির সমআয়তন জলের ওজন $=(W_4 - W_1)-(W_3 - W_2)$

কাজেই, বালির আপেক্ষিক গুরুত্ব $= \dfrac{W_2 - W_1}{(W_4 - W_1)-(W_3 - W_2)}$

****প্রশ্ন ৮। হেয়ার যন্ত্রের বিবরণ দাও এবং আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয়ে ইহার উপযোগিতা বর্ণনা কর।**

[Describe and indicate the use of a Hare's apparatus in determining sp. gravity]

উঃ। বিবরণ : ইহা একটি উল্টা U-অক্ষরের ন্যায় দুমুখ খোলা কাচনল (16 নং চিত্র)। ইহার উপরে একটি ছোট শাখানল একটি রবার নলের

সহিত যুক্ত আছে। রবার নলটি একটি ক্লিপ P-এর সাহায্যে বন্ধ বা খোলা যাইতে পারে। এই রবার নলের সঙ্গে আর একটি ছোট কাচনল লাগানো আছে। U-কাচনলটি কাঠের একটি ফ্রেমের সহিত খাড়াভাবে আবদ্ধ থাকে এবং দুই খোলা মুখ দুইটি পাত্রে C ও D-এর ভিতরে ঢুকানো থাকে। ঐ পাত্র দুইটি তরল দ্বারা পূর্ণ। যখন রবার নলের সহিত যুক্ত ছোট কাচনলের মুখ দিয়া খানিকটা হাওয়া U-নল হইতে টানিয়া বাহির করা হয় তখন U-নলের ভিতরে বায়ুচাপ কমিয়া যায়। বাহিরের বায়ুমণ্ডলের চাপে C ও D পাত্র হইতে তরল U-নলের দুই বাহু বাহিয়া উপরে ওঠে এবং P-ক্লিপ্ আঁটিয়া দিলে নিজ নিজ যায়গায় স্থির হইয়া দাঁড়ায়। যে তরল ভারী তাহা অল্পদূর উঠিবে এবং অপেক্ষাকৃত হালকা তরল বেশীদূর উঠিবে। ফ্রেমের গায়ে আটকানো একটি স্কেল হইতে উহাদের উচ্চতা সহজেই নির্ণয় করা যায়।

চিত্র নং 16

আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয়ঃ

দুইটি তরল যাহারা পরস্পর মিশ্রিত হয় তাহাদের আপেক্ষিক গুরুত্ব তুলনা করা বা একটির আপেক্ষিক গুরুত্ব জানা থাকিলে অন্যটির আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয় করা এই যন্ত্র দ্বারা সম্ভব।

ধর, তরল দুইটির আপেক্ষিক গুরুত্ব যথাক্রমে $=s_1, s_2$

তরলস্তম্ভদ্বয়ের যথাক্রমে উচ্চতা $=h_1, h_2$

বায়ুমণ্ডলের চাপ $=P$.

বায়ু টানিয়া লইবার ফলে U-কাচনলের ভিতরে বায়ু-চাপ বাহিরের চাপ হইতে খানিকটা কম হইবে, কিন্তু নলের সর্বত্র এই চাপ সমান। ধর, কাচনলের ভিতরে E এবং F তরলস্তম্ভের উপর এই বায়ু-চাপ p. যেহেতু তরলস্তম্ভদ্বয় স্থির হইয়া দাঁড়াইয়া আছে,

সেইহেতু h_1 তরলস্তম্ভের বেলাতে $P=p+h_1 s_1 g$.

তেমনি h_2 তরলস্তম্ভের বেলাতে $P=p+h_2 s_2 g$.

$$\therefore \quad h_1 s_1 = h_2 s_2.$$

$$\text{or,} \quad \frac{h_1}{h_2} = \frac{s_2}{s_1}$$

তরলস্তম্ভের উচ্চতা h_1 এবং h_2 স্কেল হইতে পাঠ করিলে তরলদ্বয়ের আপেক্ষিক গুরুত্ব তুলনা করা যাইতে পারে কিংবা একটি আপেক্ষিক গুরুত্ব জানা থাকিলে অপরটি নির্ণয় করা যাইতে পারে।

অঙ্ক

1. একটি লোহার টুকরার বায়ুতে ওজন 99·2 gms ; কিন্তু জলে নিমজ্জিত অবস্থায় ওজন 85·8 gms. লোহার আপেক্ষিক গুরুত্ব কত ?

[A piece of iron weighs 99·2 gms in air and 85·8 gms in water. What is the sp. gr. of iron ?]

উঃ। বস্তুর ওজনের আপাত হ্রাস $= 99·2 - 85·8$

$= 13·4$ gms

$=$ সমআয়তন জলের ওজন

$$\therefore \text{ লোহার আঃ গুঃ} = \frac{\text{লোহার ওজন}}{\text{সমআয়তন জলের ওজন}} = \frac{99·2}{13·4} = 7·4 \text{ (প্রায়)}$$

2. একটি বস্তুর বায়ুতে ওজন 120 gms কিন্তু জলে ওজন 90 gms এবং কোন তরলে ওজন 78 gms. ঐ তরলের আপেক্ষিক গুরুত্ব কত ?

[A substance weighs 120 gms in air, 90 gms in water and 78 gms in a certain liquid. What is the sp. gr. of the liquid ?]

উঃ। জলে বস্তুর ওজনের আপাত হ্রাস $= 120 - 90$

$= 30$ gms

$=$ সমআয়তন জলের ওজন

তরলে বস্তুর ওজনের আপাত হ্রাস $= 120 - 78$

$= 42$ gms

$=$ সমআয়তন তরলের ওজন

$$\therefore \text{ তরলের আঃ গুঃ} = \frac{\text{সমআয়তন তরলের ওজন}}{\text{সমআয়তন জলের ওজন}} = \frac{24}{30} = 1·4$$

3. জলপূর্ণ একটি আপেক্ষিক গুরুত্ব বোতলের ওজন 45 gms. পারদ দ্বারা পূর্ণ করিলে ওজন হয় 297 gms এবং তুঁতে গোলা জল দ্বারা পূর্ণ করিলে ওজন হয় 49 gms. পারদের আপেক্ষিক গুরুত্ব 13·6 হইলে তুঁতে গোলার আপেক্ষিক গুরুত্ব কত?

[A specific gravity bottle completely filled with water, with mercury and copper sulphate solution weighs respectively 45 gms, 297 gms, and 49 gms ; calculate the specific gravity of the solution, that of mercury being 13·6.] [H. S. Exam., 1960]

উঃ। ধর, খালি বোতলের ওজন $= W$

এবং বোতলের আভ্যন্তরীণ আয়তন $= V$

জলভর্তি অবস্থায় $W + V \times 1 = 45$ ......(i)

পারদ ভর্তি ,, $W + V \times 13 \cdot 6 = 297$ ...(ii)

তুঁতে গোলা ভর্তি ,, $W + V \times S = 49$ ...(iii)

$S =$ তুঁতে গোলার আপেক্ষিক গুরুত্ব

(ii) হইতে (i) বিয়োগ করিলে, $12 \cdot 6V = 252$

$\therefore \quad V = 20$ c.c.

(iii) হইতে (i) বিয়োগ করিলে, $V(S-1) = 4$

বা, $20(S-1) = 4$

বা, $S - 1 = \cdot 2$

$\therefore \quad S = 1 \cdot 2$

4. নিম্নলিখিত ফল হইতে বস্তুর আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয় কর:

একটি পাত্র জলপূর্ণ অবস্থায় ওজন $= 410$ gms ; পাত্রে 80 gms বস্তু রাখিয়া বাকী অংশ জলপূর্ণ করিলে ওজন $= 470$ gms.

[Calculate the sp. gr. of a substance from the following data :—

A vessel full of water weighs $= 410$ gms ; keeping 80 gms of the substance in the vessel and filling the rest of the vessel with water, it weighs $= 470$ gms.]

উঃ। (জলপূর্ণ অবস্থায় পাত্র + বস্তু)র ওজন $= 410 + 80$

$= 490$ gms.

এবং (পাত্রে 80 gms বস্তু+বাকী অংশ জল)এর ওজন=470 gms.
(দেওয়া আছে)

$$\therefore \quad 490-470=20 \text{ gms.}$$

=বস্তুর সমআয়তন জলের ওজন

$$\therefore \quad \text{বস্তুর আপেক্ষিক গুরুত্ব}=\frac{80}{20}=4$$

5, এক টুকরা মোমের বায়ুতে ওজন 18 03 gms. একটি ধাতবখণ্ড জলে নিমজ্জিত অবস্থায় ওজন দেখায় 17·03 gms ধাতবখণ্ডটি মোমের সহিত আটকাইয়া উভয়কে জলে নিমজ্জিত করিলে ওজন হয় 15 23 gms. মোমের আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয় কর।

[A piece of wax weighs 18 03 gms in air. A piece of metal weighs 17·03 gms in water. When the two are tied together they weigh 15·23 gms in water. Find the specific gravity of wax.]

উ। (মোম বায়ুতে + ধাতবখণ্ড জলে) ওজন = 18 03+17·03
= 35·06 gms

(মোম জলে + ধাতবখণ্ড জলে) ওজন = 15·23 gms. [দেওয়া আছে]

∴ (মোম বায়ুতে – মোম জলে) ওজন = 35 06 – 15 23
= 19 83 gms.
= সমআয়তন জলের ওজন।

$$\therefore \quad \text{মোমের আ: গু:}=\frac{18\cdot03}{19.83}=0\cdot909$$

6 একটি নিকলসন হাইড্রোমিটারের পাত্রে 3·32 gms ওজন চাপাইলে উহা নির্দিষ্ট দাগ পর্যন্ত জলে ডোবে। কিন্তু 1·02 আপেক্ষিক গুরুত্বসম্পন্ন একটি তরলে ঐ দাগ পর্যন্ত ডুবাইতে 9 41 gms. প্রয়োজন হয়। নিকলসন হাইড্রোমিটারের ওজন নির্ণয় কর।

[A Nicholson hydrometer dips up to a mark when 3·32 gms are placed on its upper pan. But it requires 9·41 gms to dip

up to the same mark in a liquid of sp. gr. 1·02. Find the weight of the hydrometer.],

উঃ। ধর, নির্ণেয় ওজন = W gms.

যখন হাইড্রোমিটার জলে ভাসিতেছে, তখন নির্দিষ্ট দাগ পর্যন্ত আয়তনের সমআয়তন জলের ওজন = (W + 3·32) gms [ভাসিবার সর্ত হইতে]

তেমনি, ঐ আয়তনের সমআয়তন তরলের ওজন = (W + 9·41) gms.

$$\text{সুতরাং তরলের আঃ গুঃ} = \frac{W+9{\cdot}41}{W+3{\cdot}32}$$

তরলের আঃ গুঃ 1·02 দেওয়া আছে। অতএব,

$$1{\cdot}02 = \frac{W+9{\cdot}41}{W+3{\cdot}32}$$

বা, $1{\cdot}02\,W + 3{\cdot}3864 = W + 9{\cdot}41$

বা, $\cdot02\,W = 6{\cdot}0236$

$\therefore\ W = 301{\cdot}18$ gms.

7. একটি ইস্পাতখণ্ডের (আঃ গুঃ — 7·8) বায়ুতে ওজন 0·5 gm. উহাকে সুতা দিয়া ঝুলাইয়া স্পিরিটে (আঃ গুঃ = ·83) নিমজ্জিত করিলে সুতায় কত টান পড়িবে ?

[A piece of steel (sp. gr. = 7·8) weighs 0·5 gm in air. If it is suspended by a thread and immersed in spirit (sp. gr. = ·83) what tension will be borne by the thread ?]

উঃ। এক্ষেত্রে স্পিরিটে নিমজ্জিত অবস্থায় ইস্পাতখণ্ডের যাহা আপাত ওজন তাহাই সুতার উপর টান হইবে।

$$\text{এখন, ইস্পাতখণ্ডের আয়তন} = \frac{\text{ওজন}}{\text{আঃ গুঃ}} = \frac{\cdot5}{7{\cdot}8}\text{ c.c.}$$

$$\text{সুতরাং সমআয়তন স্পিরিটের ওজন} = \frac{\cdot5}{7{\cdot}8} \times \cdot83$$

$$= \frac{\cdot415}{7{\cdot}8} = \cdot0532 \text{ gm.}$$

∴ স্পিরিটের ভিতর ইস্পাতখণ্ডের আপাত ওজন = 0·5 − ·0532

= ·4468 gm.

কাজেই সুতার উপর টান = ·4468 gm এর ওজন।

8. কোন ধাতুর আপেক্ষিক গুরুত্ব 19. ঐ ধাতুর 20 c.c. আয়তনের একটি টুকরার জলে ওজন কত হইবে ?

[Sp. gr. of a metal is 19. What will be the weight in water of a piece of the above metal having volume 20 c.c. ?]

উঃ ধাতুখণ্ডের বায়ুতে ওজন = আয়তন × আঃ গুঃ

[আপেক্ষিক গুরুত্ব ও ঘনত্ব এক]

$$= 20 \times 19 = 380 \text{ gms.}$$

সম্পূর্ণ নিমজ্জিত অবস্থায় অপসারিত জলের আয়তন = 20 c c.

উহার ওজন $20 \times 1 = 20$ gms.

সুতরাং জলে ওজন = $380 - 20 = 360$ gms.

9. একটি ফাঁপা গোলকের অভ্যন্তরীণ ব্যাস 12 cm এবং বাহিরের ব্যাস 14 cm. উহা জলে ঠিক ডুবিয়া ভাসে। গোলকের উপাদানের আপেক্ষিক গুরুত্ব কত ?

[A hollow sphere has an internal diameter 12 cm. and an external diameter 14 cm. It just floats in water. Find the sp. gr. of the material of the sphere]

উঃ। গোলকটির উপাদানের আয়তন = $\frac{4}{3}\pi(7)^3$

[বাহিরের ব্যাসার্ধ = $\frac{14}{2} = 7$ cm.]

,, ভিতরের ,, $= \frac{4}{3}\pi(6)^3$

[ভিতরের ব্যাসার্ধ = $\frac{12}{2} = 6$ cm.]

সুতরাং গোলকটির উপাদানের আয়তন = $\frac{4}{3}\pi\{(7)^3 - (6)^3\}$

অতএব উহার ওজন = $\frac{4}{3}\pi\{(7)^3 - (6)^3\} \times S$ [S = আঃ গুঃ]

এখন, গোলক কর্তৃক স্থানচ্যুত জলের আয়তন = উহার বাহিরের আয়তন

$$= \frac{4}{3}\pi(7)^3$$

ঐ জলের ওজন = $\frac{4}{3}\pi(7)^3 \times 1$

যেহেতু গোলকটি ভাসিতেছে, কাজেই

$\frac{4}{3}\pi\{(7)^3 - (6)^3\} \times S = \frac{4}{3}\pi(7)^3 \times 1$

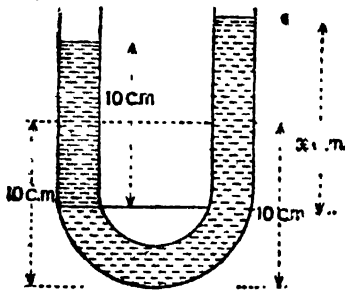
বা, $127 \times S = 343$

$$\therefore \quad S = \frac{343}{127} = 2\cdot7 \text{ (প্রায়)}$$

10. কেরোসিনের আঃ গুঃ 0·8 : একটি খাড়া U-নলে 10 cm. উঁচু কেরোসিন স্তম্ভ আছে। উহার উপরে জল ঢালা হইল। জলস্তম্ভের মোট উচ্চতা 10 cm. হইলে, দুই তরলের শীর্ষদেশের উচ্চতার পার্থক্য কত হইবে ?

[Kerosene has a specific gravity of 0·8. A vertical U-tube of uniform bore contains a 10 cm. column of kerosene. Water is poured into the tube. If the total length of the water column is also 10 cm. what will be the difference in height between the top levels of the two liquids ?]

[H S. Exam., 1963]

উঃ। প্রথমে U-নলের দুই বাহুতেই কেরোসিন স্তম্ভ ছিল। অতঃপর জল ঢালা হইলে, কেরোসিন সেই বাহুতে নামিয়া যাইবে এবং অন্য বাহুতে উঠিয়া যাইবে। U-নলের দুই বাহুতেই জল প্রবেশ করিবে। টানা লাইন দিয়া জল ও কেরোসিনের স্পর্শতল দেখানো হইয়াছে (Fig. 17.) ঐ লাইন হইতে কেরোসিন স্তম্ভের উচ্চতা=10 cm. এবং জলস্তম্ভের উচ্চতা = x cm. (ধর) প্রশমনকারী তরলস্তম্ভদ্বয়ের নীতি হইতে আমরা জানি,

চিত্র নং 17

$$\frac{10}{x}=\frac{1}{\cdot 8} \qquad x=8 \text{ cm.}$$

সুতরাং তরলদ্বয়ের সর্বোচ্চ তলের উচ্চতার পার্থক্য $=10-8=2$ cm.

11. 1 c.c. সীসার সহিত 21 c.c. আয়তনের একটি কাঠকে জুড়িয়া দেওয়া হইল। সীসার এবং কাঠের আঃ গুঃ যথাক্রমে 11·4 এবং 0·5 হইলে, উহারা জলে ভাসিবে কি ডুবিয়া যাইবে নির্ণয় কর।

[1 c.c. lead of specific gravity 11·4 is attached to a block of wood of volume 21 c.c. and specific gravity 0·5. Find whether the combination will sink or float in water.]

[H. S. Exam., 1963]

উঃ। সীসাখণ্ডের ভর $=1\times 11\cdot 4=11\cdot 4$ gms.

কাঠ „ „ $=21\times 0\cdot 5=10\cdot 5$ „

যুক্ত ভর $=11\cdot 4+10\cdot 5=21\cdot 9$ gms.

উহাদের যুক্ত আয়তন $=1+21=22$ c.c.

সুতরাং অপসারিত জলের আয়তন $=22$ c c.

" " ভর $=22$ gms.

যেহেতু অপসারিত জলের ভর বস্তু দুইটির যুক্ত ভর অপেক্ষা বেশী, কাজেই উহারা জলে ভাসিবে।

12. 1000 litres আয়তনের এবং 950 kgm ওজনের একটি বয়াকে শিকলের দ্বারা সমুদ্রতলদেশে আটকাইয়া সম্পূর্ণ নিমজ্জিত অবস্থায় রাখা আছে। শিকলের উপর কত টান পড়িতেছে ?

(শিকলের ওজন অগ্রাহ্য করিতে পার), সমুদ্রজলের আপেক্ষিক গুরুত্ব $=1\cdot02$

[A buoy of volume 1000 litres and weighing 950 kgm is fully immersed in sea-water of sp-gravity 1 02, being anchored to the sea-bottom by a chain. What is the tension in the chain? Ignore the weight of the chain ?] **[H. S. Exam., 1963]**

উঃ। বয় কর্তৃক অপসারিত সমুদ্রজলের আয়তন $=1000$ litres

$=10^6$ c.c.

ঐ জলের ওজন $=10^6\times1\cdot02$ gms. $=1020$ kgm.

বয়ার ওজন $=950$ kgm,

সুতরাং শিকলের উপর টান $=(1020-950)=70$ kgm. wt.

13. 8 inches লম্বা একটি চোঙাকৃতি পেনসিল 3 inches জলের ঊর্ধ্বে রাখিয়া জলে ভাসিতেছে। 0 8 আঃ গুরুত্বের একটি তরলে পেনসিলটি কতখানি তরলের ঊর্ধ্বে রাখিয়া ভাসিবে ?

[A cylindrical pencil, 8 inches long, floats vertically in water with 3 inches of it above water. How much of it will project out of a liquid of sp. gravity 0·8 ?

[H. S. (Comp.) '63]

উঃ। ধর, পেনসিলটির প্রস্থচ্ছেদ $=a$ sq. ft.

পেনসিল কর্তৃক অপসারিত জলের আয়তন $=\frac{5}{12}\times a$ c. ft.

ঐ জলের ওজন $=\frac{5a}{12}\times62\cdot5$ lbs.

ভাসনের শর্ত হইতে আমরা পাই, পেনসিলের ওজন = অপসারিত জলের ওজন

$$=\frac{5a\times 62.5}{12}\text{ lbs.}$$

ধর, তরলে পেনসিলের x inches ডুবিয়া আছে। এক্ষেত্রে অপসারিত তরলের আয়তন $=\frac{x}{12}\times a$ c. ft.

ঐ তরলের ওজন $=\frac{xa}{12}\times 62.5\times 0.8$ lbs. = পেনসিলের ওজন

$$\therefore \frac{xa\times 62.5\times 0.8}{12}=\frac{5a\times 62.5}{12}$$

$$\text{বা,}\quad x=\frac{5}{0.8}=6.25\text{ inches.}$$

অর্থাৎ পেনসিলের $(8-6.25)=1.75$ inches তরলের উর্ধে থাকিবে।

অনুশীলনী

1. একটি ধাতুখণ্ডের বায়ুতে ওজন 35 gms এবং জলে পূর্ণ নিমজ্জিত অবস্থায় ওজন 30 gms. ধাতুর আপেক্ষিক গুরুত্ব কত ?

[A piece of metal weighs 35 gms in air, and 30 gms in water. What is its sp. gravity ?] [উ: 7]

2. কোন নিমজ্জকের বায়ুতে ওজন 400 gms, জলে 330 gms ও এ্যালকোহলে 345 gms. এ্যালকোহলের আপেক্ষিক গুরুত্ব কত ?

[A sinker weighs 400 gms in air, 330 gms in water and 345 gms in alcohol. What is the sp. gr. of alcohol ?] [উ: 0·786]

3. একটি বস্তুর বায়ুতে ওজন 36 gms; কিন্তু কোন তরলে ডুবাইলে ওজন হয় 31·96 gms. তরলের আপেক্ষিক গুরুত্ব 1·26 হইলে বস্তুটির আপেক্ষিক গুরুত্ব কত ?

[A body weighs 36 gms in air and 31·96 gms in a liquid. If the sp. gr. of the liquid be 1·26, what is the sp. gr. of the body ?] [উ: 11·2]

4. একটি হাইড্রোমিটারকে নির্দিষ্ট দাগ পর্যন্ত ডুবাইতে 60 gms লাগে। একখণ্ড তামা উপরের পাত্রে রাখিলে ঐরূপ ডুবাইতে 42 gms লাগে এবং তামার খণ্ডটি নীচের পাত্রে রাখিলে 44 gms লাগে। তামার আপেক্ষিক গুরুত্ব কত?

[60 gms are required to dip a hydrometer in water up to a certain mark. If a piece of copper be placed on its upper pan, it requires 42 gms and when the piece of copper is placed on the lower pan, it requires 44 gms. What is the sp. gr, of copper ?]

[উঃ 9]

5. একটি নিকলসন হাইড্রোমিটার 0·6 আপেক্ষিক গুরুত্বের কোন তরলে নির্দিষ্ট দাগ পর্যন্ত ডোবে। কিন্তু জলে ঐ দাগ পর্যন্ত ডুবাইতে 120 gms প্রয়োজন হয়। হাইড্রোমিটারের ওজন নির্ণয় কর।

[A Nicholson hydrometer dips up to a mark in a liquid of sp. gr. 0·6 ; but it requires 120 gms to dip up to the same mark in water. What is the weight of the hydrometer ?] [উঃ 180 gms]

6. একটি কাচের টুকরার বায়ুতে ওজন 8·6 gms, জলে 5·85 gms এবং অ্যালকোহলে 6·4 gms. অ্যালকোহলের আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয় কর

[A piece of glass weighs 8·6 gms in air, 5·85 gms in water and 6·4 gms in alcohol. What is the sp. gr. of alcohol ?]

[উঃ 0·8 প্রায়]

7 কোন বস্তুর বায়ুতে ওজন 121·5 gms, কোন তরলে ওজন 106·11 gms এবং অপর একটি তরলে ওজন 102·35 gms. ঐ দুই তরলের সমান আয়তন লইয়া মিশ্রণ তৈরী করিলে উহার ভিতর বস্তুর আপাত ওজন কত হইবে?

[A body weighs 121 5 gms in air, 106·11 gms in a liquid and 102·35 gms in another liquid. If equal volumes of the two liquids are mixed, what will be the apparent weight of the body in the mixture ?] [উঃ 104·23 gms]

[সংকেত : S_1 = প্রথম তরলের ঘনত্ব এবং S_2 = দ্বিতীয় তরলের ঘনত্ব।

$$\text{বস্তুর আয়তন} = \frac{121{\cdot}15 - 106{\cdot}11}{S_1} = \frac{15{\cdot}39}{S_1}$$

$$\text{,,} \quad \text{,,} = \frac{121{\cdot}15 - 102{\cdot}35}{S_2} = \frac{19{\cdot}15}{S_2}$$

$$\therefore \quad \frac{15{\cdot}39}{S_1} = \frac{19{\cdot}15}{S_2} \text{ বা } \frac{S_1}{S_2} = \frac{15{\cdot}39}{19{\cdot}15} \text{ বা } \frac{S_1 + S_2}{S_1} = \frac{34{\cdot}54}{19{\cdot}15}$$

এখন মিশ্রণের ঘনত্ব $=\frac{S_1+S_2}{2}$

কাজেই আপাত ওজন $=121 5-\frac{19 15}{S_1}\times\frac{S_1+S_2}{2}$

$=121{\cdot}5-\frac{19 15}{2}\times\frac{34{\cdot}54}{12{\cdot}15}=104{\cdot}23$ gms]

8. এক টুকরা মোমের বায়ুতে ওজন 4·4 gms. উহাকে একখণ্ড সীসার সহিত বাঁধিয়া জলে ওজন করিয়া ওজন দেখা গেল 19·88 gms. যদি জলের ভিতর সীসাখণ্ডের নিজের ওজন 20·48 gms হয় তবে মোমের আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয় কর।

[A piece of wax weighs 4·4 gms in air. If it is tied with a piece of lead, and immersed in water, they weigh 19·88 gms. If the weight of the piece of lead alone in water is 20·48 gms, find the sp. gr. of wax.] [উঃ 0·88]

9. একটি আপেক্ষিক গুরুত্ব বোতলের খালি অবস্থায় ওজন 14·72 gms এবং জলপূর্ণ অবস্থায় ওজন 39·74 gms এবং লবণ গোলা জল ভর্তি করিয়া ওজন হয় 44·15 gms. ঐ লবণগোলা জলের আপেক্ষিক গুরুত্ব কত?

[A specific gravity bottle, when empty, weighs 14·72 gms, when full of water, it weighs 39·74 gms and when full of common salt solution, it weighs 44 15 gms. What is the sp. gr. of the solution ?] [উঃ 1·17]

10. একটি জলপূর্ণ কাচপাত্রের ওজন 75 gms. 13·6 আঃ গুঃ সম্পন্ন পারদ দ্বারা পূর্ণ করিলে ওজন হয় 705 gms এবং সালফিউরিক এ্যাসিড দ্বারা পূর্ণ করিলে ওজন হয় 117 gms. এ্যাসিডের আঃ গুঃ নির্ণয় কর।

[A flask when full of water weighs 75 gms., when full of mercury of sp. gr. 13·6, it weighs 705 gms and when full of sulphuric acid, it weighs 117 gms. Find the sp. gr. of the acid.]

[3 নং করা অঙ্ক দ্রষ্টব্য] [উঃ 1·84]

11. একটি রূপার গহনা ফাঁপা বলিয়া সন্দেহ হয়। ইহার ওজন 288·75 gms এবং ইহা 30 c.c. জল অপসারণ করিতে পারে। রূপার আপেক্ষিক গুরুত্ব 10·5 হইলে গহনার ফাঁপা অংশের আয়তন কত?

[A silver ornament is suspected to be hollow. It weighs 288·75 gms and can displace 30 c.c. of water. If sp. gr. of silver is 10·5, find the volume of the cavity of the ornament.]

[উঃ 2·5 c.c.]

12. একটি ফাঁপা কাচের ছিপির বায়ুতে ওজন 23·4 gms এবং জলে ওজন 3·9 gms. কাচের আঃ গুঃ 2·6 হইলে ফাঁপা অংশের আয়তন কত?

[A hollow glass stopper weighs 23·4 gms in air and only 3·9 gms in water. If sp. gr. of glass is 2 6, find the volume of the cavity of the stopper.] [উঃ 10 5 c.c.]

13. একটি বস্তুর বায়ুতে ওজন 7·55 gms, জলে ওজন 5 17 gms এবং কোন তরলে ওজন 6 35 gms. বস্তুর এবং তরলের আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয় কর।

[A body weighs 7 55 gms in air, 5·17 gms in water and 6·35 gms in a liquid. Calculate the sp. gr. of the body and the liquid.] [উঃ 3·17 ; 0·5]

14. একটি আপেক্ষিক গুরুত্ব বোতলের ওজন 12 64 gms. জল ভর্তি করিলে ওজন হয় 37·6 gms. কিছু লৌহচূর্ণ রাখিয়া ওজন হইল 61·54 gms এবং লৌহচূর্ণের উপর জল ঢালিয়া বোতলপূর্ণ করিয়া ওজন হইল 80 02 gms, লোহার আপেক্ষিক গুরুত্ব কত?

[An empty sp. gr. bottle weighs 12 64 gms and when filled with water, it weighs 37·6 gm. With some iron filings it weighs 61·54 and filling up the rest of the bottle with water, it weighs 80·02 gms. What is the sp. gr. of iron ?] [উঃ 7·54]

15. একটি কাঠের ফলকের আয়তন 100 c c. উহার উপরে একটি ছোট সাইজের অজ্ঞাত ওজন রাখিলে উহা জলে ডুবিয়া ভাসে। কাঠের আপেক্ষিক গুরুত্ব 0 7 হইলে অজ্ঞাত ওজনটি কত?

[A wooden block has volume 100 c c. If a small weight of unknown value is placed on it, the block just and only just floats in water. If the sp gr. of wood be 0·7, find the unknown weight.] [উঃ 30 gms]

16. 1·5 আঃ গুরুত্বসম্পন্ন একটি ইটের টুকরা ওজন 5 kgm ; উহার অর্ধেক জলে ডুবিয়া থাকা অবস্থায় উহার ওজন কত হইবে ?

[A piece of brick has a specific gravity of 1·5 and weighs 5 kgm. How much will it weigh when just half of it is immersed in water ?] [H. S. (Comp.), 1963] [**উ: 3·34 kgm.**]

17. হেয়ার যন্ত্রের এক পরীক্ষায়, এক বাহুতে জলস্তম্ভের উচ্চতা হইল 26·8 cm. অন্য বাহুর তরলের আঃ গুরুত্ব 1·34 হইলে, ঐ বাহুতে তরলস্তম্ভের উচ্চতা কত হইবে ?

[In an experiment with Hare's apparatus, the length of the column of water in one limb is 26·8 cm. If the sp. gr. of the liquid in the other limb be 1·34, what is the length of the liquid in that limb ?] [H. S. **Exam., 1962**] [উ: **20 cms.**]

18. তিনটি তরলের ঘনত্বের অনুপাত 1 : 2 : 3 ; ঐ তরল তিনটির (a) সমান আয়তন এবং (b) সমান ওজনের মিশ্রণ প্রস্তুত করিলে উহাদের ঘনত্বের অনুপাত কত হইবে ?

[The density of three liquids are in the ratio 1 : 2 : 3. What will be the relative densities of the mixture by containing (a) equal volumes, (b) equal weight ?]

[**সংকেত :** ধর, তরল তিনটির ঘনত্ব যথাক্রমে ρ, 2ρ, 3ρ এবং প্রথম মিশ্রণে V আয়তন লওয়া হইল।

কাজেই উহাদের মোট ভর $= V\rho + 2V\rho + 3V\rho = 6V\rho$.

$$\text{মিশ্রণের ঘনত্ব } D_1 = \frac{6V\rho}{3V} = 2\rho$$

দ্বিতীয় ক্ষেত্রে, ধর, W ওজন লওয়া হইল। উহাদের মোট আয়তন

$$= \frac{W}{\rho} + \frac{W}{2\rho} + \frac{W}{3\rho} = \frac{11}{6} \cdot \frac{W}{\rho}$$

$$\because \text{ মিশ্রণের ঘনত্ব } D_2 = \frac{3W}{\frac{11}{6} \cdot \frac{W}{\rho}} = \frac{18}{11}\rho.$$

$$\therefore \frac{D_1}{D_2} = 2\rho \times \frac{11}{18\rho} = \frac{11}{9}$$]

———

তৃতীয় পরিচ্ছেদ

বায়ুমণ্ডলীয় চাপ ও পাম্প

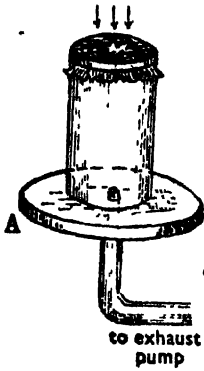
প্রশ্ন ১। 'বায়ুমণ্ডলের চাপ' বলিতে কি বোঝ তাহা পরিষ্কার ভাবে বর্ণনা কর। বায়ুমণ্ডলের চাপের অস্তিত্ব প্রমাণের জন্য উপযুক্ত পরীক্ষার বিবরণ দাও।

[Describe carefully what you understand by atmospheric pressure. Describe experiments to prove the existence of atmospheric pressure.]

উঃ। আমাদের এই পৃথিবী ঘিরিয়া একটি বায়ুর স্তর আছে। অক্সিজেন, নাইট্রোজেন প্রভৃতি কয়েকটি গ্যাসীয় দ্রব্যের সমন্বয়ে এই বায়ু তৈরী এবং পৃথিবী হইতে কয়েকশত মাইল দূর পর্যন্ত ইহা বিস্তৃত। ইহাকে বায়ুমণ্ডল বলে। মাছ যেমন জলের ভিতর ডুবিয়া থাকে, আমরাও পৃথিবীর উপর অবস্থান করিয়া তেমনি বায়ুমণ্ডলে ডুবিয়া আছি। প্রত্যেক পদার্থেরই যেমন ওজন আছে, বায়ুরও তেমনি ওজন আছে। সমস্ত বায়ুমণ্ডলকে যদি পৃথিবীর সমান্তরাল কয়েকটি অনুভূমিক স্তরে ভাগ করা হইয়াছে কল্পনা করা হয় তবে ইহা সহজেই বোঝা যায় যে প্রত্যেক স্তর তাহার উপরকার সব স্তরের ওজন বহন করে—অর্থাৎ তাহার উপর কিছু চাপ পড়ে। বলাবাহুল্য, পৃথিবীর পৃষ্ঠে এই চাপ সর্বাধিক এবং যত উপরে ওঠা যাইবে এই চাপ তত হ্রাস পাইবে। এই চাপকে বায়ুমণ্ডলের চাপ বলা হয়।

নিম্নলিখিত পরীক্ষা দ্বারা বায়ুমণ্ডলের চাপের অস্তিত্ব প্রমাণ করা যায় :

(1) একটি ছোট মুখওয়ালা পাতলা টিনের পাত্র লও। উহার মুখ রবারের ছিপি দিয়া বায়ুনিরুদ্ধভাবে (air-tight) বন্ধ করা যায়। পাত্রে একটু জল ঢালিয়া দ্রুত ফুটাও। জলের বাষ্প ভিতরের সব বায়ু বাহির করিয়া দিবে। এইবার তাড়াতাড়ি রবারের ছিপি দিয়া মুখ বন্ধ করিয়া পাত্রে গায়ে ঠাণ্ডা জল ঢাল। ইহাতে ভিতরের বাষ্প জমিয়া জল হইবে ও ভিতরের চাপ কমিয়া যাইবে। তখন বাহিরের বায়ুমণ্ডলের চাপে পাত্রটি চুপসাইয়া যাইবে।

(2) একটি শক্ত দুমুখ খোলা কাচের চোঙ লইয়া একমুখ পাতলা রবারের পর্দা দিয়া আটকাও, এইবার চোঙটি একটি বায়ুনিষ্কাশক পাম্পের রেকাবীর (A) উপর রাখ। রেকাবী ও চোঙের জোড়ের মুখ ভেস্‌লিন বা মোম দিয়া বায়ুনিরুদ্ধ কর। এইবার পাম্প চালাইয়া চোঙের ভিতরের বায়ু আস্তে আস্তে বাহির করিয়া লও। যত বায়ু বাহির হইয়া যাইবে তত ভিতরের চাপ কমিয়া যাইবে এবং বাহিরের বায়ুমণ্ডলের চাপে রবার পর্দাটি বাঁকিতে আরম্ভ করিবে (18নং চিত্র)। ভিতরের বায়ু বেশী বাহির করিয়া লইলে রবার পর্দা ক্রমশঃ বাঁকিতে বাঁকিতে সশব্দে ফাটিয়া যাইবে।

চিত্র নং 18

(3) ম্যাগডেবার্গ অর্ধগোলক পরীক্ষা :

1654 সালে গেরিক এই পরীক্ষা দ্বারা বায়ু-চাপের অস্তিত্ব প্রমাণ করেন। 19 নং চিত্রে ইহার ব্যবস্থা দেখান হইল।

চিত্র নং 19

দুইটি ফাঁপা পিতলের অর্ধগোলক—একত্র করিয়া সম্পূর্ণ গোলক তৈয়ারী করা যায়। উহাদের জোড়ের মুখ ভেস্‌লিন দিয়া বায়ুনিরুদ্ধ করিতে হয়। একটি অর্ধগোলকের হাতলে একটি চাবি আছে।

এখন অর্ধগোলক দুইটিকে একত্র করিয়া চাবির নলের সহিত বায়ু-নিষ্কাশক পাম্প লাগাও এবং পাম্প চালাইয়া গোলকের ভিতরস্থ বায়ু নিষ্কাশিত কর। বেশ কিছুক্ষণ পাম্প চালাইবার পর চাবি বন্ধ করিয়া পাম্পটি বিচ্ছিন্ন কর। দেখিবে অর্ধগোলক দুইটির হাতল ধরিয়া টানিয়া কিছুতেই আলাদা করা যাইতেছে না। ভিতরে বায়ু না থাকায় ভিতরের চাপ খুব কমিয়া যায়। ফলে বায়ুমণ্ডলের চাপে অর্ধগোলক দুইটি প্রচণ্ড বলের সহিত পরস্পরকে আটকাইয়া রাখে। এখন চাবি খুলিয়া ভিতরে বায়ু প্রবেশ করিতে দাও। দেখিবে এইবার সহজেই উহাদের আলাদা করা যাইতেছে।

গেরিক 2 ফুট ব্যাসযুক্ত দুইটি অর্ধগোলক লইয়া এই পরীক্ষা করিয়াছিলেন এবং এত প্রচণ্ড চাপ সৃষ্টি হইয়াছিল যে উভয়দিকে ছয়টি ঘোড়া লাগাইয়াও তাহাদের আলাদা করা সম্ভব হয় নাই।

****প্রশ্ন ২। "প্রতি বর্গ ইঞ্চিতে বায়ুমণ্ডলের চাপ প্রায় 15 পাউণ্ড"—এই বাক্যের অর্থ সবিস্তারে আলোচনা কর। ইহা পরীক্ষামূলকভাবে কিরূপে প্রমাণ করিবে ?**

[Explain fully the meaning of the statement—'The atmospheric pressure is 15 lbs. per square inch nearly.' How would you verify the statement experimentally.]

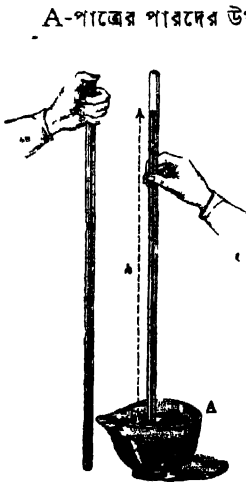
[*cf.* H. S. Exam., 1962]

উঃ। প্রথমাংশের উত্তর 1নং প্রশ্নের প্রথমাংশের অনুরূপ। অতঃপর নিম্নলিখিত অংশ যোগ করিতে হইবে।

পরীক্ষা করিয়া দেখা গিয়াছে যে বায়ুমণ্ডলের এই চাপের পরিমাণ প্রতি বর্গইঞ্চিতে প্রায় 15 পাউণ্ড। টরিসেলীর পরীক্ষা দ্বারা ইহার সত্যতা নিরূপণ করা যায়।

টরিসেলীর পরীক্ষা :

এক মুখ বন্ধ ও প্রায় তিন ফুট লম্বা একটি পুরু কাচনল লও। ইহাকে পারদ দ্বারা পূর্ণ কর। খোলা মুখ আঙ্গুল দিয়া বন্ধ করিয়া নলটি উল্টাইয়া খোলা মুখ একটি পারদপূর্ণ পাত্র A-র ভিতরে ঢুকাও যাহাতে খোলা মুখ পাত্রের পারদে ঢুকিয়া যায়। এইবার আঙ্গুল সরাইয়া লও। দেখিবে নলের পারদ

কিছুদূর নামিয়া আসিয়া অতঃপর স্থির হইয়া দাঁড়াইল (20নং চিত্র)। নলের পারদস্তম্ভের উচ্চতা মাপিলে দেখা যাইবে উহা প্রায় 30 ইঞ্চি। এরূপ হইবার কারণ কি ?

A-পাত্রের পারদের উপরে সর্বদা বায়ুমণ্ডলের চাপ পড়িতেছে। পাস্কালের সূত্রানুযায়ী পারদ এই চাপ সর্বত্র সঞ্চালিত করে। আবার, নলের ভিতরকার পারদস্তম্ভ নলের ভিতরের পারদের তলে যে চাপ প্রদান করে তাহা ঐ স্তম্ভের ওজনের সমান। অর্থাৎ A-পাত্রের পারদতলে যে চাপ *h* উচ্চতার পারদস্তম্ভে প্রয়োগ করে তাহা ঐ *h* উচ্চতার স্তম্ভের ওজনের সমান। যেহেতু পারদস্তম্ভ স্থির হইয়া দাঁড়াইয়া আছে কাজেই বায়ুমণ্ডলের চাপ পারদস্তম্ভের চাপের সমান অর্থাৎ বলা যাইতে পারে যে বায়ুমণ্ডলের চাপই পারদস্তম্ভের ওজনকে বহন করিতেছে। কারণ ঐ পারদস্তম্ভের যাহা ওজন তাহাই বায়ুমণ্ডলের চাপ।

চিত্র নং 20

সুতরাং প্রতি বর্গইঞ্চিতে বায়ুমণ্ডলের চাপ = এমন পারদস্তম্ভের ওজন যাহার উচ্চতা 30 ইঞ্চি এবং ভূমির ক্ষেত্রফল 1 sq. inch = 30 ঘন ইঞ্চি পারদের ওজন।

∴ প্রতি বর্গ ইঞ্চিতে বায়ুর চাপ

$$=\frac{30\times 13{\cdot}6\times 62{\cdot}5}{12\times 12\times 12}\left[\begin{array}{l}\text{পারদের ঘনত্ব}=13{\cdot}6\times 62{\cdot}5\\ 1\text{ ঘনফুট}=12\times 12\times 12\text{ inches}\end{array}\right]$$

$=14{\cdot}8$lbs

$=15$lbs (প্রায়)

কাজেই এই পরীক্ষার ফল হইতে বলা যায় যে প্রতি বর্গইঞ্চিতে বায়ুচাপ প্রায় 15 পাউণ্ড।

প্রশ্ন ৩। টরিসেলীর পরীক্ষা বর্ণনা কর। এই পরীক্ষা দ্বারা বায়ুমণ্ডলের চাপ কি করিয়া মাপা যায়? টরিসেলীর পরীক্ষা ব্যবস্থায় নিম্নলিখিত ক্ষেত্রে কি হইবে বল ঃ

(i) **নলের খোলা মুখ পাত্রের পারদে ডুবাইয়া নলটি ক্রমাগত কাত করিলে ;**

(ii) **পাত্রসমেত নলটি বায়ুনিষ্কাশন পাম্পের receiver-এর ভিতর রাখিয়া বায়ুনিষ্কাশন করিলে এবং পরে বায়ু প্রবেশ করাইলে ;**

(iii) **নলের বন্ধমুখে ছিদ্র করিলে ;**

(iv) **নলটি কিছু উপরে বা নীচে লইলে।**

[Describe Torricelli's experiment. How do you measure atmospheric pressure by this experiment. What will happen in this experiment if :—

(i) The tube is gradually inclined, keeping the open end dipped in mercury : [H. S. Exam., 1961]

(ii) Keeping the tube in the receiver of an air pump, the air is gradually exhausted and then readmitted :

(iii) A hole is made on the closed end of the tube :

(iv) Raising or lowering the tube a little.]

উঃ। টরিসেলীর পরীক্ষা ও বায়ুমণ্ডলের চাপ নির্ণয় 2নং প্রশ্নে আলোচনা করা হইয়াছে।

(i) নলের খোলামুখ সর্বদা পাত্রের পারদে ডুবাইয়া নলটি ক্রমাগত কাত করিলে পারদস্তম্ভ ক্রমশঃ নলের বন্ধ মুখের দিকে অগ্রসর হইবে ; কিন্তু সর্বক্ষেত্রে পাত্রের পারদতল হইতে স্তম্ভের উপরপ্রান্ত পর্যন্ত খাড়া উচ্চতা (vertical height) সমান থাকিবে। কারণ এই খাড়া উচ্চতা ঐ স্থানের বায়ুমণ্ডলের চাপের পরিমাপ জ্ঞাপন করে।

(ii) বায়ুনিষ্কাশক পাম্পদ্বারা বায়ু ক্রমশঃ বাহির করিয়া লইলে পাত্রের পারদতলে চাপ কমিতে থাকিবে এবং তাহার ফলে পারদস্তম্ভের উচ্চতাও ক্রমশঃ কমিতে থাকিবে। বায়ু সম্পূর্ণ বাহির করিয়া দিলে পারদস্তম্ভের সব পারদ

পাত্রে জমা হইবে। আবার যদি বায়ু প্রবেশ করানো যায় তাহা হইলে ক্রমশঃ পারদস্তম্ভের উচ্চতা বাড়িতে থাকিবে এবং অবশেষে উহার উচ্চতা প্রাথমিক উচ্চতার সমান হইবে।

(iii) নলের বন্ধ মুখে ছিদ্র করিলে ছিদ্রপথে বায়ুমণ্ডলের চাপ পারদস্তম্ভের উপর প্রযুক্ত হইবে। ফলে পারদস্তম্ভ নিজের ভারের জন্য নামিয়া পাত্রে জমা হইবে।

(iv) নলের খোলা মুখ সর্বদা পাত্রের পারদে ডুবাইয়া নলটি কিছু উপর-নীচ করিলে পারদস্তম্ভ কিছু উঠিবে বা নামিবে কিন্তু সর্বদা পাত্রের পারদতল হইতে স্তম্ভের উপর প্রান্ত পর্যন্ত খাড়া উচ্চতা ঠিক থাকিবে। কারণ, ইহা বায়ুমণ্ডলের চাপের পরিমাপক।

***প্রশ্ন 8। টরিসেলীর শূন্যস্থান কাহাকে বলে? ইহা কি সত্য সত্য শূন্য? টরিসেলীর পরীক্ষা-ব্যবস্থায় সন্দেহ হইতেছে যে সামান্য বায়ু নলে প্রবেশ করিয়াছে। কিরূপে ইহার সত্যতা নিরূপণ করিবে?**

[What is Torricellian vacuum ? Is it really a vacuum ? In performing Torricelli's experiment it was suspected that some little air had entered. What you will do to ascertain whether it was really so ?] [*cf.* **H. S. Exam., 1961**]

উঃ। টরিসেলীর পরীক্ষায় দেখা গিয়াছে যে পারদপূর্ণ কাচনল A-পাত্রের পারদে উপুড় করিয়া খাড়াভাবে রাখিলে পারদ নল বাহিয়া কিছুদূর নামিয়া আসিয়া পরে স্থির হইয়া দাঁড়ায় (20নং চিত্র)। পারদস্তম্ভের উপরে কাচ-নলের বন্ধ মুখ পর্যন্ত স্থানে কোন বায়ু নাই। ঐ স্থানকে সাধারণতঃ টরিসেলীর শূন্যস্থান বলে।

টরিসেলীর শূন্যস্থানে কোন বায়ু নাই বটে—কিন্তু প্রকৃতপক্ষে উহা শূন্য (vacuum) নয়। ঐ স্থান কিছু পরিমাণ পারদ-বাষ্প দ্বারা অধিকৃত। সাধারণ তাপমাত্রায় পারদ-বাষ্পের চাপ অতি সামান্য, সুতরাং টরিসেলীর শূন্যস্থানে পারদ-বাষ্প থাকায় পারদ-স্তম্ভের উচ্চতার বিশেষ কিছু তারতম্য হয় না।

যদি কিছু বায়ু নলে প্রবেশ করে তাহা টরিসেলীর শূন্যস্থান অধিকার করিবে, কারণ, বায়ু পারদ অপেক্ষা অনেক হালকা। এই বায়ু পারদ-স্তম্ভের উপর চাপ প্রদান করিবে। ফলে স্তম্ভের উচ্চতার পরিবর্তন হইবে। এই অবস্থায় যদি নলকে কিছু উপরে বা নীচে উঠানো বা নামানো যায় তবে দেখা যাইবে যে পারদ-স্তম্ভের উচ্চতা ঠিক থাকিতেছে না। ইহা প্রমাণ করে যে টরিসেলীর শূন্যস্থানে কিছু বায়ু আছে। কারণ নল উপরে উঠাইলে বা নীচে নামাইলে উক্ত শূন্যস্থানের আয়তন বাড়ে বা কমে, ফলে ঐ স্থানের বায়ুরও চাপ বাড়ে-কমে। এই কারণে পারদ-স্তম্ভের উচ্চতার তারতম্য হয়। যদি টরিসেলীর শূন্যস্থানে কোন বায়ু না থাকে তবে নল উপরে উঠাইলে বা নীচে নামাইলে পারদ-স্তম্ভের উচ্চতা সবদা সমান থাকিবে।

****প্রশ্ন ৫। একটি লম্বা একমুখ খোলা কাচনল পারদপূর্ণ করিয়া অপর একটি পারদপূর্ণ পাত্রে উপুড় করিয়া রাখিলে উহা দ্বারা বায়ুচাপ মাপা যায়—প্রমাণ কর।**

[Prove that the pressure of air can be measured by means of a long tube containing mercury inverted over mercury in a trough.] **[H. S. Exam., 1960]**

ঐ বায়ু-চাপ (স্বাভাবিক) চরম এককে প্রকাশ কর। পারদের ঘনত্ব = 13·6 এবং $g = 981$ cm/sec^2 এবং 32 ft/sec^2

(Express the normal pressure of air in absolute units.)

উঃ। প্রথমাংশের উত্তর টরিসেলীর পরীক্ষা ব্যবস্থা। 2নং প্রশ্ন দেখ।

সি. জি. এস. পদ্ধতি :

এই পদ্ধতিতে স্বাভাবিক বায়ুচাপ বলিতে প্রত্যেক বর্গ সেন্টিমিটারে 76 cm. উচ্চ পারদস্তম্ভের যাহা ওজন তাহাই বুঝায়।

অতএব স্বাভাবিক বায়ুচাপ = 76 c.c. পারদের ওজন।

$= 76 \times 13·6 \times 981$ dynes.

$= 1,013,961$ dynes.

$= 10^6$ dynes (প্রায়)

এফ. পি. এস্. পদ্ধতি :

এই পদ্ধতিতে স্বাভাবিক বায়ু-চাপ বলিতে প্রতি বর্গ ইঞ্চিতে 30 inches উচ্চ পারদস্তম্ভের যাহা ওজন তাহাই বুঝায়।

অতএব স্বাভাবিক বায়ু-চাপ = 30 cu. inches পারদের ওজন।

$$= \frac{30 \times 13.6 \times 62.5}{12 \times 12 \times 12}$$ [ঘন ইঞ্চি জলের ওজন $= \frac{62.5}{12 \times 12 \times 12}$ lbs]

$$= 14.8 \text{ lbs. wt.}$$
$$= 14.8 \times 32 \text{ poundals}$$
$$= 473.6 \text{ poundals}$$

প্রশ্ন ৬। 'স্বাভাবিক বায়ু-চাপ বলিতে 0°C তাপমাত্রায়, 45° অক্ষাংশে এবং সমুদ্র-সমতল হইতে 76 cm. উচ্চ পারদস্তম্ভের চাপ বুঝায়।' স্বাভাবিক বায়ু-চাপের উপরোক্ত সংজ্ঞায় তাপমাত্রা, অক্ষাংশ এবং সমুদ্র-সমতলের উল্লেখ করা হয় কেন সংক্ষেপে ব্যাখ্যা কর।

[The standard atmospheric pressure is equal to the pressure due to 76cm. of mercury at 0°C, 45° latitude and mean sea-level'—Briefly explain why it is necessary to mention the temperature, latitude and height relative to sea-level in this definition.] [**H. S. Exam., 1964**]

উঃ। বায়ু-চাপ সাধারণতঃ পারদস্তম্ভের উচ্চতা দ্বারা প্রকাশ করা হয়। অর্থাৎ নির্দিষ্ট উচ্চতার পারদস্তম্ভের ওজন হইবে বায়ু-চাপের সমান। এখন পারদস্তম্ভের ওজন নির্ণয় করিতে হইলে স্তম্ভের উচ্চতাকে পারদের ঘনত্ব এবং স্থানীয় অভিকর্ষজ ত্বরণ দ্বারা গুণ করিতে হয়। তাপমাত্রা ভিন্ন হইলে পারদের ঘনত্ব ভিন্ন হয়। আবার, বিভিন্ন অক্ষাংশে অভিকর্ষজ ত্বরণের মানও বিভিন্ন। এইজন্য নির্দিষ্ট মান (standard value) হিসাবে 0°C তাপমাত্রায় পারদের ঘনত্ব যাহা হইবে তাহা এবং 45° অক্ষাংশে অভিকর্ষজ ত্বরণের মান মাঝামাঝি হয় বলিয়া, ঐ তাপমাত্রা এবং অক্ষাংশকে স্বাভাবিক বায়ু-চাপ নির্ণয়ে উল্লেখ করা হয়। তাছাড়া যে-কোন উচ্চতা পরিমাপে সমুদ্র-সমতলকে সর্বদা শূন্য-উচ্চতাযুক্ত ধরা হয় বলিয়া পারদস্তম্ভের উচ্চতা সমুদ্র-সমতল হইতে মাপা হয়।

****প্রশ্ন ৭। ব্যারোমিটার কাহাকে বলে? Fortin's ব্যারোমিটারের বর্ণনা ও কার্যপ্রণালী বুঝাইয়া দাও।**

[What is a Barometer? Give a brief description of Fortin's Barometer, explaining its adjustment.]

[H. S. Exam., 1960, '64, '66]

উঃ। যে যন্ত্রের সাহায্যে বায়ুমণ্ডলের চাপ মাপা হয় তাহাকে ব্যারোমিটার বলে। Fortin's Barometer :—

(i) ব্যারোমিটার নল :—

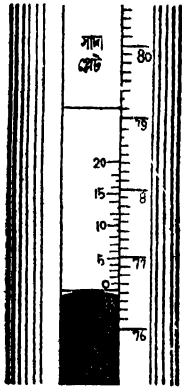
AB একটি সমব্যাসযুক্ত প্রায় এক মিটার লম্বা এবং এক মুখ বন্ধ কাচনল (21 নং চিত্র)। নলটি শুষ্ক ও পরিষ্কার পারদ দ্বারা পূর্ণ করিয়া অপর একটি পারদপূর্ণ পাত্র D-এর ভিতর খোলা মুখ প্রবেশ করাইয়া উপুড় করিয়া রাখা আছে। কাচনলটি একটি পিতলের নলের মধ্যে (ছবিতে খানিকটা দেখানো হইয়াছে) বসানো থাকে যাহাতে বাহির হইতে আঘাত লাগিয়া কাচনলটি ভাঙ্গিয়া না যায়। সাধারণতঃ পিতলের নলটি দেওয়ালে একটি আংটার দ্বারা একটি কাঠের ফ্রেমের সাহায্যে খাড়াভাবে ঝুলানো থাকে। পিতলের নলের উপরিভাগে প্রায় 20 cm, লম্বা ও $1\frac{1}{2}$ cm. চওড়া দুইটি পরস্পর বিপরীত কাটা অংশ থাকে। এই কাটা অংশের মধ্য দিয়া কাচনল ও উহার অভ্যন্তরস্থ পারদতল দেখা যায়।

চিত্র নং 21

(ii) পারদ পাত্র :—

D একটি পাত্র। উহার ভিতরে পারদ রাখা আছে। ঐ পাত্রের পারদতল উঁচুনীচু করিবার জন্য পাত্রের তলায় একটি স্ক্রু E আছে। এই স্ক্রু ঘুরাইলে D পাত্রের তলায় একটি চামড়ার থলির আয়তনের হ্রাস-বৃদ্ধি হয়। ফলে D পাত্রের পারদতল উচুতে উঠে বা নীচুতে নামে। চামড়ার থলির ভিতর দিয়া বায়ু চলাচল করিতে পারে কিন্তু পারদ পারে না। ফলে D-পাত্রের পারদতলে বায়ু-চাপ বাহিরের বায়ুমণ্ডলের চাপের সমান হয়। এই পাত্রের পারদতল

সর্বদা এক লেভেলে রাখিবার জন্য একটি হস্তিদন্তের পিন (ivory pin) C দেওয়া থাকে।

(iii) পিতলের নলের গায়ে একটি স্কেল অঙ্কিত আছে। এই স্কেলের 0-দাগ হস্তিদন্তের পিনের অগ্রভাগের সহিত এক লেভেলে অবস্থিত। পারদ-স্তম্ভের উচ্চতা সূক্ষ্মভাবে মাপিবার জন্য E-স্কেলের সহিত একটি ভার্নিয়ার G যুক্ত থাকে। এই ভার্নিয়ারকে স্কেল বাহিয়া উঠা নামা করাইবার জন্য একটি স্ক্রু H পিতলের নলের গায়ে লাগানো থাকে। এই স্ক্রু ঘুরাইয়া ভার্নিয়ার-কে এমন জায়গায় আনিতে হইবে যে ভার্নিয়ারের নীচের প্রান্ত পারদস্তম্ভের উত্তল (convex) তলকে স্পর্শ করে। ভার্নিয়ারের এই অবস্থান ত্রুটিহীনভাবে করিবার জন্য ভার্নিয়ারের পিছনে একটি সাদা প্লেট দেওয় থাকে। যতক্ষণ পর্যন্ত ভার্নিয়ারের নিম্নপ্রান্ত পারদস্তম্ভের উত্তল তলকে স্পর্শ না করিবে ততক্ষণ পর্যন্ত কাচের ভিতর দিয়া সাদা প্লেট দেখা যাইবে। যে মুহূর্তে সাদা প্লেট দৃষ্টির অগোচর হইবে তখনই বুঝিতে হইবে যে ভার্নিয়ারের যথাযথ অবস্থান নির্দিষ্ট হইয়াছে।

চিত্র নং 22

ব্যারোমিটার পাঠ :—ব্যারোমিটার পাঠ করিতে হইলে সবপ্রথম দেখিতে হইবে যে C পিনটি D পারদ পাত্রের পারদতলকে স্পর্শ করিয়াছে কি না। ইহার জন্য E-স্ক্রুকে ঘুরাইয়া পারদতলকে উঠাইতে বা নামাইতে হইবে যাহাতে উহা C পিনের অগ্রভাগকে স্পর্শ করে। ইহার ফলে পারদতল F স্কেলের 0-দাগের সহিত এক লেভেলে থাকিবে।

এইবার H-স্ক্রু ঘুরাইয়া G-ভার্নিয়ারকে এমন অবস্থায় আনো যে ভার্নিয়ারের নিম্নতল (অর্থাৎ 0-দাগ) পারদস্তম্ভের উত্তল তলের স্পর্শক হয় (22নং চিত্র)। অতঃপর মূল-স্কেল ও ভার্নিয়ার স্কেলের পাঠ লইয়া পারদস্তম্ভের উচ্চতা নির্ণয় কর। উহা হইতে তখনকার বায়ু-চাপ পাওয়া যাইবে।

***প্রশ্ন ৮। বয়েলের সূত্রের সংজ্ঞা বল। এই সূত্রের সত্যতা কিরূপে পরীক্ষা করিবে ?**

[State Boyle's law. How is the law verified experimentally ?]

উঃ। তাপমাত্রা অপরিবর্তিত রাখিয়া নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের উপর চাপ বৃদ্ধি বা হ্রাস করিলে ঐ গ্যাসের আয়তন চাপের সহিত ব্যস্তানুপাতে (inversely) পরিবর্তিত হয়। ইহাই বয়েলের সূত্র।

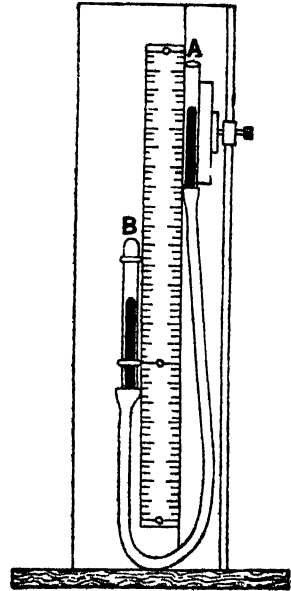
অর্থাৎ নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের আয়তন যদি V হয় এবং ইহার উপর চাপ যদি P হয় তবে উপরোক্ত সূত্রানুযায়ী,

$V \propto \frac{1}{P}$ যদি গ্যাসের তাপমাত্রা অপরিবর্তিত থাকে।

অথবা VP = ধ্রুবক।

সূত্রের সত্যতা পরীক্ষা : এই সূত্র পরীক্ষা করিতে গেলে যে ব্যবস্থা অবলম্বন করিতে হইবে তাহা 23 নং চিত্রে দেখানো হইল। B একটি একমুখ বন্ধ এবং একমুখ খোলা সর্বত্র সমব্যাসযুক্ত কাচনল। একটি রবার নলের সাহায্যে দু'মুখখোলা অপর একটি কাচনল A-র সহিত B-নল যুক্ত। একটি কাঠের ফ্রেমের সঙ্গে একটি স্কেলের দুই পাশে নল দুইটি আটকানো। একটি স্ক্রুর সাহায্যে A-নলটি ফ্রেমের গা বাহিয়া উপরে-নীচে সরানো যায়। উভয় নলের কিয়দংশ এবং রবার নলটি পুরাপুরি পারদপূর্ণ। B-নলের পারদস্তম্ভের উপরে কিছু বায়ু আবদ্ধ আছে। বায়ু এক প্রকার গ্যাস বলিয়া

চিত্র নং 23

বায়ু দ্বারা বয়েলের সূত্র পরীক্ষা করা হইবে। B নলটি সর্বত্র সমব্যাসযুক্ত

হওয়ায় পারদ-স্তম্ভের উপরতল হইতে B-নলের শেষ প্রান্ত পর্যন্ত দৈর্ঘ্য বায়ুর আয়তনের পরিমাপ বলিয়া গ্রহণ করা হইবে।

- কার্যপ্রণালী : A নলটিকে এমন উচ্চতায় রাখ যে উভয় নলে পারদস্তম্ভ এক সমতলে থাকে। এই অবস্থায় B নলের বায়ু-চাপ বাহিরের বায়ুমণ্ডলের চাপের সমান হইবে। স্কেল হইতে B নলে আবদ্ধ বায়ুর দৈর্ঘ্য নির্ণয় কর। ঐ বায়ুর আয়তন দৈর্ঘ্যের সমানুপাতিক। ধর, দৈর্ঘ্য l এবং বায়ুমণ্ডলের চাপ H,

এখন A নলটিকে তুলিয়া এমন অবস্থায় রাখ যে উহার পারদস্তম্ভ B নলের পারদস্তম্ভ অপেক্ষা উঁচুতে থাকে (ছবি দেখ)। এই অবস্থায় পারদ স্তম্ভদ্বয়ের উচ্চতার প্রভেদ নির্ণয় কর। ইহা h_1 হইলে B নলের বায়ুর চাপ $= H + h_1$, এই অবস্থায় ঐ বায়ুর দৈর্ঘ্য l_1 হইলে বায়ুর আয়তন l_1-এর সমানুপাতিক। এইরূপে A-নলকে আরো কয়েকবার উপরে তুলিয়া পাঠ লইতে হইবে। পরবর্তী পাঠগুলিতে যদি বায়ুস্তরের দৈর্ঘ্য ও চাপ যথাক্রমে l_2, l_3 এবং $(H+h_2)$, $(H+h_3)$ হয়, তবে দেখা যাইবে যে, $Hl=(H+h_1)l_1=(H+h_2)l_2=\cdots$ ইত্যাদি।

ইহা হইতে বায়ুমণ্ডলের চাপ অপেক্ষা বেশী চাপে বয়েলের সূত্র প্রমাণিত হইল।

এইবার A নলের পারদস্তম্ভকে B নলের পারদস্তম্ভ হইতে নীচুতে রাখ। ইহাতে B নলের বায়ুচাপ বায়ুমণ্ডলের চাপ অপেক্ষা কম হইবে। তিনচার বার পাঠ লইয়া দৈর্ঘ্য ও চাপ যদি l'_1, l'_2 এবং $(H-h'_1)$, $(H-h'_2)$ হয় তবে দেখা যাইবে যে,

$$Hl=(H-h'_1)l'_1=(H-h'_2)l'_2=\cdots\cdots \text{ ইত্যাদি}$$

ইহা হইতে বায়ুমণ্ডলের কম চাপে বয়েলের সূত্র প্রমাণিত হয়।

প্রশ্ন ৯। কিছু পরিমাণ গ্যাসের 'আয়তন' ও 'চাপ' বলিতে কি বুঝায়? উহাদের ভিতর পারস্পরিক সম্পর্কযুক্ত সূত্রের নাম, সংজ্ঞা এবং ব্যাখ্যা লেখ। এই সূত্রটি কি সর্বত্র প্রযোজ্য?

[What is meant by the 'volume' and 'pressure' of a given mass of gas ? Name, state and explain the law which

gives the relation between the two quantities. Is the law an exact one ?]

উঃ। চাপ ও তাপমাত্রার উপর নির্ভর করিয়া নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাস যে জায়গা দখল করিবে তাহাকে গ্যাসের আয়তন বলা হয়।

গ্যাসের গতীয় তত্ত্বাদ (kinetic theory) অনুযায়ী গ্যাসের অণুগুলিকে সর্বদা চঞ্চল বলিয়া ধরা হয়। এই কারণে কিছু পরিমাণ গ্যাস একটি আবদ্ধ পাত্রে রাখিলে গ্যাসের অণুগুলি সর্বদা পাত্রের দেওয়ালে আঘাত করিবে এবং পাত্র একটি চাপ অনুভব করিবে। ইহাকেই গ্যাসের চাপ বলা হয়।

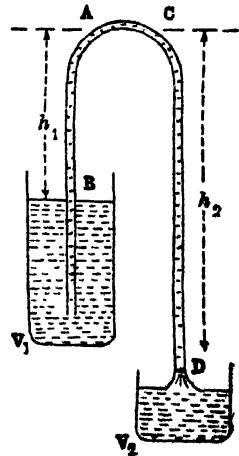
গ্যাসের চাপ ও আয়তনের সম্পর্কযুক্ত সূত্রকে বয়েলের সূত্র বলে। ৮নং প্রশ্নের উত্তর দ্রষ্টব্য।

সকল গ্যাস সকল তাপমাত্রাতেই বয়েলের সূত্র মানিয়া চলে না। এই সম্পর্কে একটি আদর্শ গ্যাসের (Perfect gas) কল্পনা করা হয়। এই আদর্শ গ্যাস সকল তাপমাত্রাতেই বয়েলের সূত্র মানিয়া চলে।

***প্রশ্ন ১০। সাইফনের বর্ণনা দাও এবং উহার কার্যপ্রণালী বুঝাইয়া বল। সাইফন ক্রিয়ার সর্ত বর্ণনা কর।**

[Describe a siphon and explain the principle of its operation. State the conditions of its working.] [H. S. (Comp.), 1960, '65]

উঃ। 24 নং চিত্রে একটি সাইফন দেখানো হইয়াছে। ইহা একটি দু'মুখ খোলা বাঁকান কাচ বা রবার নল। ইহার একটি বাহু অপর বাহু অপেক্ষা লম্বা। সাইফন দিয়া পাত্রকে না নাড়িয়া এক পাত্র হইতে অন্য পাত্রে তরলের স্থানান্তর অথবা তলানী যুক্ত তরলপদার্থ হইতে পরিষ্কার তরলকে স্থানান্তর খুব সহজ করা যায়। যে তরল স্থানান্তরিত করিতে হইবে তাহা দ্বারা সাইফন নলটি প্রথমে পুর্ণ করিতে হইবে। অতঃপর নলের খোলা মুখ দুইটি আঙ্গুল দ্বারা বন্ধ করিয়া ছোট বাহু

চিত্র নং 24

তরলপূর্ণ পাত্রে এবং বড় বাহু খালি পাত্রে রাখিয়া আঙ্গুল সরাইয়া লইলে তরলপূর্ণ পাত্র হইতে তরল ক্রমাগত সাইফন নল বাহিয়া খালি পাত্রে জমা হইবে। কিন্তু সর্বদা তরলপূর্ণ পাত্র খালি পাত্রের লেভেল অপেক্ষা উঁচুতে রাখিতে হইবে।

কার্যপ্রণালীর ব্যাখ্যা :

মনে কর একই অনুভূমিক তলে অবস্থিত A ও C দুইটি বিন্দু। এখন A বিন্দুতে চাপ = বায়ুমণ্ডলের চাপ − AB তরলস্তম্ভের চাপ

$= P - h_1 dg$ [P = বায়ুমণ্ডলের চাপ, d = তরলের ঘনত্ব]

তেমনি, C বিন্দুতে চাপের পরিমাণ $= P - h_2 dg$

কিন্তু $h_1 < h_2$, কাজেই $(P - h_1 dg) > (P - h_2 dg)$ অর্থাৎ A বিন্দুতে তরলের চাপ C বিন্দুর চাপ অপেক্ষা বেশী। আমরা জানি তরল উচ্চ চাপ-বিশিষ্ট স্থান হইতে নিম্ন চাপের জায়গায় প্রবাহিত হয়। সুতরাং তরল সর্বদা A বিন্দু হইতে C বিন্দুতে যাইবে এবং নিজের ওজনের ফলে বড় বাহু বাহিয়া V_2 পাত্রে জমা হইবে। কিন্তু তরল A বিন্দু হইতে C বিন্দুতে চলিয়া গেলে A বিন্দুতে আংশিক শূন্যের সৃষ্টি হইবে এবং সঙ্গে সঙ্গে বায়ুমণ্ডলের চাপে V_1 পাত্র হইতে আরো তরল ছোট নল বরাবর A বিন্দুতে পৌঁছাইবে। এইরূপে ক্রমাগত V_1 পাত্র হইতে V_2 পাত্রে তরলের প্রবাহ চলিতে থাকিবে। ইহার ফলে V_1 পাত্রের তরলের লেভেল কমিতে থাকিবে এবং V_2 পাত্রে বাড়িতে থাকিবে এবং যখন $h_1 = h_2$ হইবে তখন A ও C বিন্দুতে চাপ সমান হইবে এবং তরলের প্রবাহ বন্ধ হইবে।

সাইফন ক্রিয়ার সর্ত :

(i) h_1 উচ্চতা সর্বদা h_2 উচ্চতার কম হইতে হইবে। h_1 এবং h_2 সমান হইলে A ও C বিন্দুদ্বয়ে চাপ সমান হইয়া তরলের প্রবাহ বন্ধ করিবে।

(ii) বায়ুমণ্ডলের চাপ তরলকে যে উচ্চতা পর্যন্ত তুলিতে পারে h_1 তাহা অপেক্ষা কম হওয়া প্রয়োজন। কারণ A বিন্দু পর্যন্ত তরলকে পৌঁছাইয়া দেয় বায়ুমণ্ডলের চাপ।

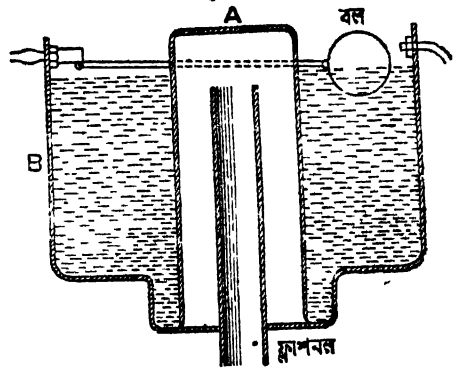
(iii) বায়ুশূন্য স্থানে সাইফন কাজ করিবে না।

প্রশ্ন ১১। সাইফনের কার্যপ্রণালী ব্যাখ্যা কর। কোন্ কোন্ অবস্থায় সাইফনের কার্য বিঘ্নিত হয়? সাইফন ক্রিয়ার উপর নির্ভরশীল কোন ব্যবস্থার বর্ণনা দাও।

[Explain how a siphon acts. Under what conditions does it fail to act ? Describe any device which depends upon siphon action.] [H. S. (Comp.), 1965]

উঃ। **প্রথমাংশ** : ১০নং প্রশ্ন দ্রষ্টব্য।

দ্বিতীয়াংশ : ১০নং প্রশ্ন দ্রষ্টব্য।

শেষাংশ : বড় বড় শহরের পায়খানা, প্রস্রাবাগার প্রভৃতি পরিষ্কার করিবার জন্য যে স্বয়ংক্রিয় ফ্লাশ ব্যবস্থা দেওয়া যায়, তাহা সাইফন ক্রিয়ার নীতি অনুযায়ী কাজ করে। 24(a) নং চিত্রে একটি স্বয়ংক্রিয় ফ্লাশ-ব্যবস্থার নকশা দেখানো হইয়াছে। B একটি জলের ট্যাঙ্ক। ইহা পায়খানা বা প্রস্রাবাগারের ছাদের একটু নীচে দেওয়ালের সঙ্গে আটকানো থাকে। এই ট্যাঙ্ক হইতে একটি পাইপ বাহির হইয়া আসিয়াছে। ইহার নাম

চিত্র নং 24(a)

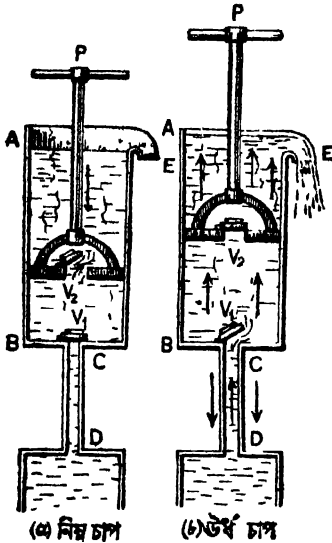
ফ্লাশনল। A-একটি ঢাকনা—একটি শিকল ইহার সহিত যুক্ত। শিকল টানিলে ঢাকনা উঁচুতে উঠে। সাধারণ অবস্থায় ঢাকনা ট্যাঙ্কের জলকে ফ্লাশনলের মুখ পর্যন্ত উঠিতে দেয় না। যেই শিকল টানা হয় ঢাকনা তখন উঁচুতে উঠে এবং জল দ্রুতবেগে ফ্লাশনলের মুখ পর্যন্ত উঠিয়া সাইফনক্রিয়ার ফলে প্রবলবেগে নল বাহিয়া বাহির হইয়া আসে। যতক্ষণ পর্যন্ত না ট্যাঙ্ক জলশূন্য হয় ততক্ষণ জলের তোড়ে ঢাকনা পড়িয়া যায় না। ট্যাঙ্কে একটি লিভারদণ্ডযুক্ত বল থাকে। ট্যাঙ্কে যত জল জমিতে থাকে তত বলটি উপরে ভাসিয়া উঠে এবং লিভারদণ্ডকে ক্রমশঃ ঘুরাইতে থাকে। লিভারদণ্ডের অপর প্রান্তে একটি ভাল্‌ভ থাকে। ট্যাঙ্কে জল একটি নির্দিষ্ট লেভেলে পৌঁছাইলে লিভারদণ্ড কর্তৃক ঐ

ভাল্‌ভ বন্ধ হইয়া যায়। তখন ট্যাঙ্কে আর জল পড়ে না। পুনরায় শিকল টানিয়া ফ্লাশনল দিয়া জল বাহির করিয়া দিলে বলটি নীচে পড়িয়া যাইবে এবং লিভারদণ্ড পূর্বোক্ত ভাল্‌ভকে খুলিয়া দিবে। তখন ট্যাঙ্কে জল জমিতে সুরু হইবে। এইরূপে সমগ্র ব্যবস্থাটি স্বয়ংক্রিয় ভাবে চলিতে থাকে।

****প্রশ্ন ১২। শোষণ পাম্প বর্ণনা কর। শোষণ পাম্প দ্বারা 30 ft -এর বেশী উচ্চে জল তোলা যায় না। ইহার কারণ কি ?**

[Describe a suction pump Water cannot be raised to a height much greater than 30 ft. by means of such a pump. State the reason for this.] **[H. S. Exam., 1965]**

উঃ। শোষণ পাম্পের বিবরণ :

25 নং চিত্রে শোষণ পাম্পের নকশা দেখানো হইল। AB একটি শক্ত ধাতব চোঙ্। চোঙের ভিতর দিয়া একটি জলনিরুদ্ধ (water-tight) পিস্টন P সহজে উঠা নামা করিতে পারে। চোঙের তলদেশে একটি অপেক্ষাকৃত সরু নল CD আছে যাহা জলাধারের ভিতর ডুবানো। চোঙের প্রায় উপরে আর একটি খোলা মুখ E (spout) আছে। এই মুখ দিয়া জল বাহির হইয়া আসিতে পারে। চোঙের ও পিস্টনের নিম্নদেশে ছিদ্রের মুখে দুইটি কপাট বা Valve থাকে। V_1 ও V_2 ঐ ভাল্‌ভ্। ইহা শুধু উপরের দিকে খুলিতে পারে। সুতরাং জল ছিদ্রের মুখ দিয়া নীচু হইতে উপরের দিকে যাইতে পারে। কিন্তু বিপরীত দিকে যাইতে চেষ্টা করিলেই কপাট বন্ধ হইয়া যাইবে। P-পিস্টনকে উপরে-নীচে করিবার জন্য একটি হাতল আছে।

চিত্র নং 25

কার্যপ্রণালী : 25(*a*) এবং (*b*) নং চিত্রে কার্যপ্রণালী বুঝানো হইয়াছে। ধর, যখন পাম্প কাজ সুরু করিতেছে তখন পিস্টন সর্বনিম্ন স্থানে আছে এবং দুইটি কপাট V_1 ও V_2 বন্ধ আছে। এবার পিস্টনকে উপরের দিকে তুলিতে

হইবে। ফলে পিস্টনের উপরে বায়ুমণ্ডলের চাপ বৃদ্ধি পাইবে এবং V_2 কপাট বন্ধ হইয়া যাইবে। কিন্তু পিস্টনের নীচে বায়ুর আয়তন বৃদ্ধি পায় এবং ইহার চাপ অনেক কমিয়া যায়। ফলে CD নলের বায়ুচাপ বেশী হইয়া পড়ে এবং নলের বায়ু V_1 কপাটকে খুলিয়া দেয়। এই খোলাপথে বায়ু AB চোঙে প্রবেশ করে এবং সঙ্গে সঙ্গে জলাধার হইতে কিছু জলও চোঙে পৌঁছায়। CD নল দিয়া AB চোঙে বায়ুর ও জলের এই উর্ধ্বগতি চলিতে থাকিবে যতক্ষণ না পিস্টনটি সর্বোচ্চ স্থানে পৌঁছায়।

এইবার পিস্টনকে নীচের দিকে নামাইতে হইবে। পিস্টনের নিম্নগতির সময় AB চোঙের বায়ু আয়তনে কমিতে থাকে এবং উহার চাপ ক্রমশঃ বাড়িতে থাকে। এই চাপ বাড়িয়া বায়ুমণ্ডলের চাপের বেশী হইলে V_2 কপাট খুলিয়া যায় এবং বায়ু ছিদ্রপথে চোঙ্ হইতে বাহির হইয়া যায়। খানিকটা জলও পিস্টনের উপরে আসিতে পারে। যতক্ষণ পিস্টনের নিম্নগতি হইবে ততক্ষণ এই প্রকার ক্রিয়া চলিবে এবং V_1 কপাট বন্ধ থাকিবে।

এইরূপ পিস্টনের কয়েকবার উর্ধ্ব ও নিম্নগতির ফলে জলাধার হইতে CD নল বাহিয়া জল চোঙে প্রবেশ করে এবং E মুখ পর্যন্ত পৌঁছায়। তারপর আর একবার পিস্টনকে উপরের দিকে উঠাইলে E মুখ দিয়া জল বাহির হইয়া আসিবে এবং একবার জলের নির্গমন সুরু হইলে পিস্টনের প্রত্যেক উর্ধ্ব-গতিতে E-মুখ দিয়া জল বাহির হইবে।

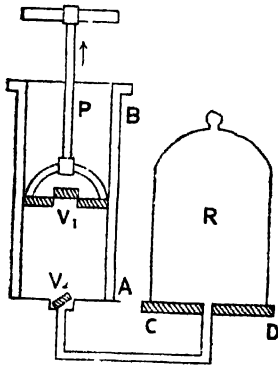
শোষণ পাম্পের কার্যনীতি হইতে ইহা পরিষ্কার বোঝা যায় যে জলাধারের জলতলে বায়ুমণ্ডলের যে চাপ পড়িতেছে তাহার জন্য জল নল বাহিয়া চোঙে প্রবেশ করে। আমাদের জানা আছে বায়ুমণ্ডলের চাপ জলকে 34 ft-এর বেশী উঁচুতে তুলিতে পারে না। সুতরাং জলাধারের জলতল হইতে V_1 কপাট পর্যন্ত উচ্চতা 34 ft-এর বেশী হইলে শোষণ পাম্প জল তুলিতে পারিবে না। কার্যতঃ পাম্পটি সম্পূর্ণ বায়ুনিরুদ্ধ হয় না এবং V_1 কপাট ঠেলিয়া খুলিবার জন্য কিছু বলের প্রয়োজন হয় বলিয়া এই উচ্চতা 30 ft-এর অধিক করা হয় না। এই কারণে বলা হয় যে শোষণ পাম্প দ্বারা 30 ft-এর বেশী উচ্চে জল তোলা যায় না।

***প্রশ্ন ১৩। বায়ু-নিষ্কাশক পাম্পের বিবরণ দাও ও উহার কার্যপ্রণালী ব্যাখ্যা কর।**

[Describe an air-pump and explain its action.]

[H. S. (Comp.), 1961]

উঃ। 16 নং চিত্রে এই পাম্পের নক্শা দেখানো হইয়াছে। এই পাম্পের সাহায্যে কোন আবদ্ধ স্থান হইতে বায়ু নিষ্কাশন করা যায়।

AB একটি ধাতু নির্মিত শক্ত চোঙ। এই চোঙের ভিতর দিয়া একটি পিস্টন P বায়ু-নিরুদ্ধভাবে উঠা-নামা করিতে পারে। পিস্টনকে উঠা-নামা করাইবার জন্য উহার সহিত একটি হাতল দেওয়া থাকে। চোঙের তলদেশে ও পিস্টনে একটি করিয়া ছিদ্র আছে। এই ছিদ্র বন্ধ বা খোলার জন্য উভয়ের সঙ্গে একটি করিয়া ভাল্‌ভ্ বা কপাট আছে। V_1 পিস্টনের সহিত এবং V_2 চোঙের সহিত যুক্ত কপাট। এই কপাট দুইটি উপরের দিকে খোলে—অর্থাৎ বায়ু উপরের দিকে যাইতে পারিবে কিন্তু উপর হইতে নীচের দিকে আসিতে চেষ্টা করিলেই কপাট ছিদ্রমুখ বন্ধ করিয়া দিবে। CD একটি গোলাকার প্লেট। ইহার মাঝখানে একটি ছিদ্র আছে। রবার নল দিয়া চোঙের ছিদ্রের সহিত CD প্লেটের ছিদ্রের সংযোগ স্থাপন করা হয়। এই প্লেটটিকে বলা হয় রেকাবী (disc)। এই রেকাবীর উপর

চিত্র নং 26

R একটি কাচের ঢাকনা। ইহাকে পাম্পের Receiver বলা হয়। ঢাক্না ও রেকাবীর জোড়ের মুখ ভেসলীন দিয়া বায়ুনিরুদ্ধ করা হয়। ঢাকনার তলাকার বায়ু পাম্প দ্বারা নিষ্কাশিত করিতে হইবে।

কার্যপ্রণালী ঃ পাম্পের সমগ্র কার্যপ্রণালী পিস্টনের ঊর্ধ্বগতি ও নিম্নগতি—এই দুই পর্যায়ে ভাগ করা যায়।

মনে করা যাউক, পিস্টন সর্বনিম্ন অবস্থানে আছে এবং দুইটি কপাটই বন্ধ

আছে। এখন হাতল দিয়া পিস্টনকে উপরের দিকে উঠাইলে পিস্টনের ঊর্ধ্বগতি হইবে। এই সময় চোঙের বায়ুর আয়তন বৃদ্ধি পায় এবং উহার চাপ কমিয়া যায়। ফলে ঢাক্‌নার তলাকার বায়ু (যাহার চাপ বায়ুমণ্ডলের সমান বলিয়া ধরা যাইতে পারে) V_2 কপাটের উপর বেশী চাপ দিয়া কপাটকে খুলিয়া দেয় এবং চোঙে প্রবেশ করে। V_1 কপাটের উপর বাহিরের বায়ুমণ্ডলের চাপ পড়ায় উহা বন্ধ থাকে। সুতরাং পিস্টনের ঊর্ধ্বগতিতে Receiver হইতে বায়ু চোঙে প্রবেশ করিবে এবং V_1 কপাট বন্ধ থাকিবে।

এইবার পিস্টনের নিম্নগতি সুরু হইবে। এই সময় চোঙের বায়ুর আয়তন ক্রমশঃ কমিবে এবং চাপ বাড়িবে। এই চাপ বাড়িয়া যখন বায়ুমণ্ডলের চাপ অপেক্ষা বেশী হইবে তখন V_1 কপাট খুলিয়া যাইবে এবং খোলা পথে চোঙের বায়ু চোঙ্ হইতে নিষ্কাশিত হইয়া যাইবে। যতক্ষণ পিস্টনের নিম্নগতি হইবে ততক্ষণ V_2 কপাট বন্ধ থাকিবে কারণ উহার উপর ভিতর দিক হইতে চাপ বেশী পড়ে।

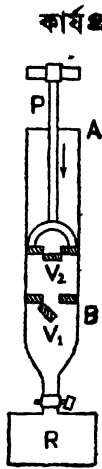
সুতরাং দেখা গেল যে পিস্টনের প্রত্যেক ঊর্ধ্বগতিতে Receiver হইতে বায়ু চোঙে প্রবেশ করে এবং প্রত্যেক নিম্নগতিতে ঐ বায়ু চোঙ্ হইতে নিষ্কাশিত হইয়া যায়। এইরূপ পিস্টনের ক্রমাগত ঊর্ধ্ব ও নিম্নগতির ফলে R-পাত্র ক্রমশঃ বায়ুশূন্য হইবে।

এই প্রসঙ্গে একটি কথা মনে রাখিতে হইবে যে নিষ্কাশন পাম্প দ্বারা কোন আবদ্ধ স্থান সম্পূর্ণরূপে বায়ুশূন্য করা যায় না।

প্রশ্ন ১৪। চিত্রসহযোগে বায়ু-সংনমন পাম্পের বিবরণ লেখ এবং উহার কার্যপ্রণালী ব্যাখ্যা কর।

[Describe, in detail, with a diagram, a condensing pump and its mode of action.]

উঃ। 27নং চিত্রে বায়ু-সংনমন পাম্পের নক্‌শা দেখানো হইয়াছে। AB শক্ত ধাতব চোঙ এবং P বায়ু-নিরুদ্ধ পিস্টন। হাতল দ্বারা পিস্টনকে চোঙের ভিতর উঠা-নামা করানো যায়। পিস্টনে একটি কপাট V_2 এবং চোঙের শেষে একটি কপাট V_1 আছে। উভয় কপাটই receiver R-এর দিকে খোলে।

রিসিভারের সহিত চোঙের সংযোগ করা হয় একটি stop-cock সহ সরু নল দ্বারা।

কার্যপ্রণালী : মনে করা যাউক, পিস্টন চোঙের B প্রান্তে আছে এবং উভয় কপাটই বন্ধ। পিস্টন B হইতে A প্রান্তের দিকে যাইতে সুরু করিলে চোঙের বায়ুচাপ অনেক কমিয়া যায়। কিন্তু চোঙের দুই পাশে বায়ুচাপ বেশী থাকে। ইহাতে V_1 কপাট বন্ধ হইয়া যায় এবং V_2 কপাট খুলিয়া যায়। খোলাপথে বাহির হইতে বায়ু চোঙে প্রবেশ করে। যতক্ষণ পর্যন্ত না পিস্টন A প্রান্তে পৌঁছায় ততক্ষণ ইহা চলিতে থাকে।

চিত্র নং 17

পিস্টন A প্রান্ত হইতে B প্রান্তের দিকে অগ্রসর হইলে চোঙের বায়ু সংনমিত (compressed) হয় এবং উহার চাপ বাড়িতে থাকে। এই চাপ বায়ুমণ্ডলের চাপের বেশী হইলে V_2 কপাট বন্ধ হইয়া যায় এবং receiver-এর বায়ুচাপ অতিক্রম করিলে V_1 কপাট খুলিয়া যায়। খোলাপথে চোঙের বায়ু receiver-এর মধ্যে প্রবেশ করে।

এইরূপ পিস্টনকে ক্রমাগত উপর-নীচ করিলে ক্রমশঃ R-পাত্র বায়ুপূর্ণ হইবে।

অঙ্ক

1. জল ব্যারোমিটারের উচ্চতা 32 ft. হইলে গ্লিসারিণ ব্যারোমিটারের উচ্চতা নির্ণয় কর। গ্লিসারিণের আঃ গুরুত্ব = 1·25.

[Calculate the height of the glycerine barometer when that of the water barometer is 32 ft. Sp. gravity of glycerine = 1·25.]

[H. S. Exam., 1962]

উঃ। ধর, গ্লিসারিণ ব্যারোমিটারের উচ্চতা = h ft.

অতএব h ft. উচ্চ গ্লিসারিণ স্তম্ভের চাপ = 32 ft. উচ্চ জলস্তম্ভের চাপ

অর্থাৎ $h \times 1{\cdot}25 \times 62{\cdot}5 \times g = 32 \times 62{\cdot}5 \times g$

$$\therefore\ h = \frac{32}{1{\cdot}25} = 25{\cdot}6 \text{ ft.}$$

2. যখন ব্যারোমিটারে পারদস্তম্ভের উচ্চতা 75 cm. তখন কিছু পরিমাণ বায়ুর আয়তন 250 c.c. ; পরের দিন ঐ বায়ুর আয়তন 260 c.c. হইলে ব্যারোমিটারের উচ্চতা কত হইবে ?

[A quantity of air is found to occupy 250 c.c. when the barometer stands at 75 cm. On the next day, the volume of the air changes to 260 c.c. What was the barometric height then ?]

উঃ। আমরা বয়েলের সূত্র হইতে জানি

$$P_1V_1=P_2V_2$$

এক্ষেত্রে $P_1=75$ cm ; $V_1=250$ c.c. $V_2=260$ c.c. , $P_2=$?

কাজেই, $75\times250=P_2\times260$

$$\therefore\ P_2=\frac{75\times250}{260}=72{\cdot}11 \text{ cm.}$$

3. স্বাভাবিক বায়ুমণ্ডলের চাপে ও তাপমাত্রায় বায়ুর ঘনত্ব 0·00129 gms/c c. ব্যারোমিটারের উচ্চতা 76 cm. হইতে 74 cm. হইয়া গেলে 15 litres বায়ুর ওজনের তফাত কি হইবে ?

[The density of air at N. T. P. is 0·00129 gm/c.c. Find the alteration in weight to 15 litres of air when the barometer falls from 76 cm. to 74 cm.]

উঃ। প্রশ্ন হইল যে 76 cm. বায়ুচাপে 15 litres বায়ুর ওজনের এবং 74 cm. বায়ুচাপে 15 litres বায়ুর ওজনের পার্থক্য নির্ণয় করিতে হইবে ; এখানে তাপমাত্রা অপরিবর্তিত থাকিতেছে।

এখন সর্বপ্রথম নির্ণয় করিতে হইবে যে 74 cm. বায়ুচাপে 15 litres বায়ু স্বাভাবিক বায়ুচাপে অর্থাৎ 76 cm. বায়ুচাপে কত আয়তন অধিকার করে। আমরা জানি,

$$P_1V_1=P_2V_2$$

এক্ষেত্রে, $P_1=74$ cm ; $V_1=15$ litres ; $P_2=76$ cm ; $V_2=$?

কাজেই, $74\times15=V\times76$

$$\therefore\ V=\frac{74\times15}{76}\text{ litres.}$$

এখন, এই আয়তনের বায়ুর ওজন = আয়তন × ঘনত্ব

$$= \frac{74 \times 15}{76} \times \cdot00129 \times 1000$$

(1 litre = 1000 c. c.)

$$= \frac{74 \times 15}{76} \times 1\cdot29 \text{ gms}$$

এবং 15 litres বায়ুর ওজন $= 15 \times 1000 \times \cdot00129 = 15 \times 1\cdot29$ gms

$\therefore$ ওজনের তফাত $= 15 \times 1\cdot29 - \dfrac{74 \times 15 \times 1\cdot29}{76}$

$= 15 \times 1\cdot29 \ (1 - \frac{74}{76}) = 15 \times 1\cdot29 \times \frac{2}{76} = 0\cdot5$ gm (প্রায়)

4. একটি ব্যারোমিটারে পারদস্তম্ভের উচ্চতা 75 cm. এবং উহার উপরে শূন্য-স্থানের আয়তন 10 c.c. : বায়ুমণ্ডলের চাপে 1 c. c. বায়ু ঐ শূন্যস্থানে প্রবেশ করানো হইল। ব্যারোমিটারে পারদস্তম্ভের বর্তমান উচ্চতা কত হইবে? ব্যারোমিটারের নলের প্রস্থচ্ছেদ 1 sq. cm.

[The height of a barometer is 75 cm. of mercury and the evacuated space over the mercury surface has a volume of 10 c.c. , 1 c.c. of air at atmospheric pressure is introduced into the evacuated space. What is the new reading of the barometer? Cross-sectional area of the tube is unity.]

উঃ। এক্ষেত্রে বায়ুমণ্ডলের চাপ = 75 cm. পারদস্তম্ভের চাপ। কাজেই প্রশ্নের 1 c.c. বায়ুর চাপ 75 cm. পারদস্তম্ভের চাপের সমান।

এখন 1 c.c. বায়ু ব্যারোমিটার নলে প্রবেশ করাইলে ধরা যাউক, উহা x cm. অধিকার করিল। কাজেই তখন পারদস্তম্ভের উচ্চতা $= 75 + 10 - x = 85 - x$ cm এবং ঐ বায়ুর চাপ = বায়ুমণ্ডলের চাপ = বর্তমান পারদস্তম্ভের চাপ

$$= 75 - (85 - x) = (x - 10) \text{ cm. of Hg.}$$

সুতরাং বয়েলের সূত্র প্রয়োগ করিয়া লেখা যাইতে পারে,

$x \times 1 \times (x - 10) = 1 \times 75$ [প্রস্থচ্ছেদ = 1 sq. cm.]

বা, $x^2 - 10x - 75 = 0$

বা $(x - 15)(x + 5) = 0$

$\therefore \ x = 15$ বা -5

x ঋণাত্মক হওয়া অর্থহীন বলিয়া, আমরা বলিতে পারি $x = 15$ cm.

কাজেই পারদস্তম্ভের বর্তমান উচ্চতা $= 85 - 15 = 70$ cm.

5. 1 sq. cm. প্রস্থচ্ছেদযুক্ত একটি ব্যারোমিটার নলে একটি বায়ু-বুদ্‌বুদ্‌ ঢুকানো হইলে পারদস্তম্ভের উচ্চতা 75 cm. হইতে কমিয়া 65 cm. হয়। বুদ্‌বুদ্‌টি ঢুকাইবার পূর্বে পারদস্তম্ভের উপরের শূন্যস্থানের দৈর্ঘ্য 6 cm থাকিলে স্বাভাবিক বায়ুমণ্ডলের চাপে বুদ্‌বুদ্‌টির আয়তন কত হইবে নির্ণয় কর।

[A bubble of air is introduced into the space above the mercury of a good barometer, 1 sq. cm. in cross-section and the mercury column falls from 75 cm. to 65 cm, If the space before the introduction of air was 6 cm. long calculate the volume which the introduced air will occupy at normal atmospheric pressure.] [**H. S. Exam., 1960**]

উঃ। পারদস্তম্ভের দৈর্ঘ্য-হ্রাস $= 75 - 65 = 10$ cm.

সুতরাং বায়ু-অধিকৃত স্থানের দৈর্ঘ্য $= 10 + 6 = 16$ cm.

ঐ বায়ুর আয়তন $= 16 \times 1 = 16$ c.c.

এবং ,, ,, চাপ $= 10$ cm. of mercury.

যদি ধরা যায় স্বাভাবিক বায়ুমণ্ডলের চাপে (76 cm. of Hg) নির্ণেয় আয়তন V c.c. তবে বয়েলের সূত্রানুযায়ী

$$V \times 76 = 16 \times 10$$

$$\text{বা,} \quad V = \frac{16 \times 10}{76} = 2 \cdot 1 \text{ cm. (প্রায়)}$$

6. একটি একমুখ বন্ধ সরু কাচনলে 5 cm. লম্বা পারদ-সূত্র লওয়া হইল। যখন বন্ধমুখ উপরের দিকে করিয়া নলটিকে খাড়াভাবে রাখা হয় তখন পারদ-সূত্র কর্তৃক আবদ্ধ বায়ুস্তম্ভের দৈর্ঘ্য হয় 25·6 cm. এবং নলটিকে উল্টাইয়া ধরিলে বায়ুস্তম্ভের দৈর্ঘ্য হয় 22·4 cm. বায়ুমণ্ডলের চাপ নির্ণয় কর।

[A narrow uniform glass tube, sealed at one end contains a mercury pellet 5 cm. long. When the tube is held vertically with the sealed end up, the length of the air column imprisoned by the mercury pellet is 25·6 cm. When the tube is inverted

the air-column is 22·4 cm. long. What is the atmospheric pressure ?]

উঃ। বদ্ধমুখ উপরের দিকে করিয়া নলটিকে খাড়া রাখিলে আবদ্ধ বায়ুর চাপ এবং পারদ-সূত্রের চাপ এই উভয় চাপের যোগফল বায়ুমণ্ডলের চাপের সমান হইবে। যদি বায়ুমণ্ডলের চাপ ও আবদ্ধ বায়ুর চাপ যথাক্রমে P এবং P_1 cm. of mercury ধরা যায় তবে উপরোক্ত ক্ষেত্রে,

$$P=P_1+5 \quad \text{or} \quad P-5=P_1 \cdots (i)$$

যখন নলটিকে উল্টানো হইল তখন আবদ্ধ বায়ু পারদ-সূত্রের এবং বায়ুমণ্ডলের চাপ পাইবে। এই অবস্থায় যদি আবদ্ধ বায়ুর চাপ P_2 হয় তবে

$$P+5=P_2 \cdots (ii)$$

(i) এবং (ii) হইতে, $\frac{P_2}{P_1}=\frac{P+5}{P-5} \cdots (iii)$

নলটির ব্যাস সর্বত্র সমান বলিয়া প্রথম ক্ষেত্রে আবদ্ধ বায়ুর আয়তন 25 6 × K এবং দ্বিতীয় ক্ষেত্রে 22·4 × K ধরা যাইতে পারে। [K = নলের প্রস্থচ্ছেদ]

কাজেই বয়েলের সূত্র হইতে লেখা যায়

$$P_1 \times 25{\cdot}6 \times K = P_2 \times 22{\cdot}4 \times K$$

$$\text{Or,} \quad \frac{P_2}{P_1}=\frac{25{\cdot}6}{22{\cdot}4} \cdots (iv)$$

(iii) এবং (iv) হইতে আমরা পাই, $\frac{P+5}{P-5}=\frac{25{\cdot}6}{22{\cdot}4}$

$$\therefore \quad (P+5)\times 22{\cdot}4=(P-5)\times 25{\cdot}6$$

$$\text{Or,} \quad 3{\cdot}2 \times P = 5 \times 48$$

$$\therefore \quad P=\frac{5\times 48}{3{\cdot}2}=75 \text{ cm. of mercury.}$$

7. জলাশয়ের কত গভীরে একটি বুদ্বুদের আয়তন উপরিতলে থাকাকালীন আয়তন অপেক্ষা অর্ধেক হইবে? ঐ সময়ে ব্যারোমিটারে পারদস্তম্ভের উচ্চতা 75 cm. এবং পারদের ঘনত্ব 13 6 gms/c.c.

[At what depth in a lake will a bubble of air have one-half the volume it will have on reaching the surface ? The height

of the barometer at the time is 75 cm. of mercury and density of mercury 13·6 gms/c.c.]

উ:। বায়ুমণ্ডলেব চাপ (75 cm. of mercury) জলস্তম্ভের উচ্চতার দ্বারা প্রকাশ করিলে ঐ উচ্চতা হইবে $= 75 \times 13·6$ cm.

উপরিতল হইতে বুদ্‌বুদের গভীরতা h cm. হইলে ঐ স্থানে মোট চাপ

$=$ বায়ুমণ্ডলের চাপ $+ h$ cm. জলস্তম্ভের চাপ

$= (75 \times 13·6 + h)$ cm. জলস্তম্ভের চাপ

তলদেশে থাকাকালীন বুদ্‌বুদেব আয়তন V ধরা হইলে, বয়েলের সূত্রানুযায়ী লেখা যাইতে পারে।

$$(75 \times 13·6 + h.)\ V = 2V \times 75 \times 13·6$$

বা $\quad 75 \times 13·6 + h = 2 \times 75 \times 13·6$

বা $\quad h = 75 \times 13·6 = 1020$ cm.

8. একটি হ্রদেব 238 ft. গভীরে 1 mm. ব্যাসযুক্ত একটি বায়ু বুদ্‌বুদ্ গঠিত হইল। জলতলে উপস্থিত হইলে উহার ব্যাস কত হইবে? তাপমাত্রা অপরিবর্তিত আছে মনে করিতে পার। জল ব্যারোমিটারের উচ্চতা $= 34$ ft.

[An air bubble of diameter 1 mm. is formed at a depth of 238 ft. of water in a lake. What will be its diameter when it reaches the surface? Assume the temperature to be constant. Height of water barometer = 34 ft.] **[H. S. Exam., 1965]**

উ:। 238 ft. জলের তলায় বুদ্‌বুদেব চাপ $= 238 + 34 = 272$ ft. জলস্তম্ভ। মনে কর, জলের তলায় বুদ্‌বুদের আয়তন $= V_1$ এবং জলতলে উহার আয়তন $= V_2$, যেহেতু, তাপমাত্রা অপরিবর্তিত আছে. কাজেই বয়েলের সূত্রানুযায়ী,

$$V_1 \times 272 = V_2 \times 34$$

$$\text{অথবা, } \frac{V_2}{V_1} = \frac{272}{34} = 8$$

কিন্তু, $V_2 = \frac{4}{3}\pi r^3$ এবং $V_1 = \frac{4}{3}\pi\ (·05)^3$

$$\therefore \quad \frac{V_2}{V_1} = \frac{r^3}{(·05)^3} = 8 \quad \therefore \quad \frac{r}{·05} = 2 \text{ or } r = 2 \times ·05 = 0·1 \text{ cm.} = 1\text{mm.}$$

কাজেই, নির্ণেয় ব্যাস $= 2$ mm.

9. কেরোসিন তেলকে (আঃ গুঃ=0·8) সাইফন ক্রিয়ার সাহায্যে একটি প্রতিবন্ধক অতিক্রম করাইয়া আনিতে হইবে। প্রতিবন্ধকের উচ্চতা সর্বাপেক্ষা কত বেশী করা যাইতে পারে যাহাতে সাইফন ক্রিয়া সদ্য চালু থাকে? বায়ুমণ্ডলের চাপ=30 inches পারদস্তম্ভ।

[It is required to siphon kerosene (sp. gr.=0·8) over an obstacle. What must be limiting height of the obstacle which will render siphoning just possible? Atmospheric pressure= 30 inches of mercury.] [H. S. (Comp.), 1960]

উঃ। এক্ষেত্রে বায়ুমণ্ডলের চাপ যত উঁচুতে কেরোসিন স্তম্ভকে ধরিয়া রাখিবে প্রতিবন্ধকের উচ্চতা ততখানি হইবে। ধর, এই উচ্চতা h inches.

অতএব, h inches কেরোসিনস্তম্ভের চাপ=বায়ুমণ্ডলীয় চাপ

$$\text{Or,}\quad \frac{h}{12}\times 0{\cdot}8\times 62{\cdot}5\times g=\frac{30}{12}\times 13{\cdot}6\times 62{\cdot}5\times g$$

$$\therefore\quad h=\frac{30\times 13{\cdot}6}{0{\cdot}8}\text{ inches.}=\frac{30\times 13{\cdot}6}{0{\cdot}8\times 12}\text{ft.}=42{\cdot}5\text{ ft.}$$

অনুশীলনী

1. 0°C তাপমাত্রায় ও 10 বায়ুমণ্ডল চাপে 10 litres বায়ু স্বাভাবিক বায়ুমণ্ডলের চাপে ও তাপমাত্রায় কত litre হইবে?

[What will be the volume in litre of air at normal temperature and pressure if it occupies 10 litres at 0°C and 10 atmosphere pressure?] [উঃ 100]

2. একটি মোটর গাড়ীর টায়ার 100 cm দীর্ঘ ও 10 cm. ব্যাসযুক্ত। স্বাভাবিক বায়ুমণ্ডলের চাপে কত আয়তনের বায়ুকে ঐ টায়ারে প্রবেশ করাইলে বায়ুচাপ 10 বায়ুমণ্ডলের সমান হইবে?

[The tyre of a motor-car is 100 cm. long and 10 cm. in diameter. What volume of air measured at normal atmospheric pressure must be pumped in to raise the pressure to 10 atmospheres?] [উঃ 78·5 litres]

3. 31·4 c.c. আয়তনযুক্ত একটি আবদ্ধ কাচপাত্র বায়ুপূর্ণ করা হইল। পরে ঐ বায়ুকে 5 cm. দীর্ঘ ও 1 mm. ব্যাসযুক্ত একটি সরু নলে ঢুকানো হইল। ইহাতে

বায়ুচাপ দেখা গেল 4 cm. পারদের সমান। কাচপাত্রে থাকাকালীন বায়ুচাপ কত ছিল ?

[The air in a bulb of 31·4 c.c. capacity compressed into a narrow tube 5 cm. long and 1 mm. diameter and the pressure of air in the narrow tube is found to be 4 cm. of mercury. What was the pressure of air in the bulb ?] [উ: ·005 cm]

4. একটি ইস্পাতের গোলকের আয়তন 2 litres এবং উহাতে 5 বায়ুমণ্ডল চাপের বায়ু আছে। যদি উহাতে আরো 5 litres বায়ু প্রবেশ করানো যায় তবে উহার চাপ কত হইবে ?

[A steel bulb of capacity 2 litres contains air at pressure of 5 atmospheres. What would be the resultant pressure if 5 litres of air now pumped into the bulb ?] [উ: 7·5 বায়ুমণ্ডল]

5 একটি সমব্যাসযুক্ত সরু কাচনলের 30 cm. দীর্ঘ একটি পারদ-সূত্র দ্বারা কিছু বায়ু আবদ্ধ আছে। যখন খোলামুখ উপরের দিকে রাখিয়া নলটিকে খাড়া রাখা যায় তখন বায়ুস্তম্ভের দৈর্ঘ্য হয় 3 cm. এবং নলটিকে উল্টাইয়া ধরিলে বায়ুস্তম্ভের দৈর্ঘ্য হয় 7 cm. ; যখন নলটি অনুভূমিক রাখা হয় তখন উহার দৈর্ঘ্য কত হইবে ?

[A column of air is enclosed in a glass tube of uniform bore by a thread of mercury 30 cm. long. The air-column is 3 cm. long when the tube is held vertically with its open end uppermost. On inverting the tube, the air-column measures 7 cm. Find the length of the air-column when the tube is kept horizontal.] [উ: 4·2 cm.]

[সংকেত : করা অঙ্ক 6নং দ্রষ্টব্য]

6. একটি ভাল ব্যারোমিটারের পারদস্তম্ভের উচ্চতা 75 cm. ; 1 c.c. বায়ু ব্যারোমিটারের ভিতর ঢুকাইলে পারদস্তম্ভের উচ্চতা 70 cm. হয়। ব্যারোমিটার নলের প্রস্থচ্ছেদ 1 sq, cm. হইলে পারদস্তম্ভের উপরের অংশের আয়তন নির্ণয় কর।

[A good barometer reads 75 cm. On admitting 1 c.c. of air, the reading is 70 cm ; find the volume of the space above the mercury at the end. The cross-section of the barometer tube is 1 sq. cm.] [উ: 15 c.c.]

7. একটি ব্যারোমিটারে পারদস্তম্ভের উচ্চতা 75 cm. এবং উহার উপরে শূন্যস্থানের দৈর্ঘ্য 5 cm ; বায়ুমণ্ডলের চাপে 2 c.c. বায়ু ব্যারোমিটারে প্রবেশ করানো হইল। ইহাতে পারদস্তম্ভের দৈর্ঘ্য হইল 60 cm. ; ব্যারোমিটার নলের প্রস্থচ্ছেদ নির্ণয় কর।

[The mercury in a barometer tube stands at 75 cm., and the space above it is 5 cm. in length. 2 c.c. of air at atmospheric pressure is admitted into the tube and the mercury now stands at 60 cm. Find the area of the cross-section of the tube.]

[উঃ 0·5 sq. cm.]

8. একটি ব্যারোমিটারের উচ্চতা 30 inches এবং পারদস্তম্ভের উপরে শূন্য স্থানের দৈর্ঘ্য 1 inch. বায়ুমণ্ডলের চাপে যে পরিমাণ বায়ু ব্যারোমিটার নলের 1 inch অধিকার করে ঐ পরিমাণ বায়ু ব্যারোমিটারে ঢুকাইলে পারদস্তম্ভের উচ্চতা কত হইবে ?

[A barometer reads 30 inches and the space above the mercury is 1 inch. If a quantity of air which under atmospheric pressure occupies 1 inch of the tube, is introduced, what will be the reading of the barometer ?] [উঃ 25 inches]

9. একটি ভাল ব্যারোমিটার যখন $28\frac{1}{2}$ inches এবং 31 inches পাঠ দিতেছে তখন একটি ত্রুটিপূর্ণ ব্যারোমিটার যথাক্রমে 28 inches এবং 30 inches পাঠ দিতেছে। যখন ঐ ত্রুটিপূর্ণ ব্যারোমিটারের পাঠ 29 inches তখন ঠিক পাঠ কত হইবে ?

[A faulty barometer reads 28 inches and 30 inches when a true barometer reads $28\frac{1}{2}$ inches and 31 inches respectively. Find the true reading when the faulty barometer reads 29 inches.] [উঃ $29\frac{2}{3}$ inches]

[সংকেত : α = নলের প্রস্থচ্ছেদ ; যখন খারাপ ব্যারোমিটারে 28″ পাঠ তখন বায়ুপূর্ণ স্থানের দৈর্ঘ্য $= l$, সুতরাং উহার আয়তন $= \alpha l$ ঐ স্থানের বায়ুর চাপ $= (28\frac{1}{2} - 28) = \frac{1}{2}$ inch.

যখন খারাপ ব্যারোমিটারের পাঠ 30″ তখন বায়ুস্তরের দৈর্ঘ্য $= l - (30 - 28) = (l - 2)$ inches এবং উহার আয়তন $= (l - 2)\alpha$; উহার চাপ $= (31 - 30) = 1$ inch. সুতরাং বয়েলের সূত্র হইতে $\frac{1}{2} \times l\alpha = 1 \times (l - 2)\alpha$

$\therefore \ l = 4''$ inches.

যখন খারাপ ব্যারোমিটারের পাঠ 29", তখন বায়ুস্তম্ভের দৈর্ঘ্য $= l-(30-29)$ $= l-1 = 4-1 = 3$ inches এবং উহার আয়তন $= 3\alpha$; ধর, উহার চাপ p ;

কাজেই বয়েলের সূত্র হইতে $p \times 3\alpha = \frac{1}{2}\, l\alpha$

$\therefore$ $p = \frac{2}{3}''$ কাজেই ঠিক পাঠ $= 29 + \frac{2}{3} = 29\frac{2}{3}$ inches]

10. কোন জলাশয়ের তলদেশ হইতে উপরতলে আসিতে একটি বুদ্‌বুদের আয়তন পাঁচগুণ বৃদ্ধি পাইল। ব্যারোমিটারের উচ্চতা 30 inches হইলে জলাশয়ের গভীরতা কত ?

[The volume of an air bubble increases five-fold in rising from the bottom of a lake to the surface. If the barometric height be 30 inches, find the depth of the lake. Sp. gr. of mercury $= 13{\cdot}6$] [উঃ 136 ft.]

[সংকেত : করা অঙ্ক 7 নং দ্রষ্টব্য]

11. সমুদ্রের h metres গভীরতা হইতে উপরতলে আসিতে একটি বুদ্‌বুদের আয়তন দ্বিগুণ হইল। ঐ সময়ে ব্যারোমিটারের উচ্চতা 750 mm. এবং পারদ ও সমুদ্রজলের ঘনত্ব যথাক্রমে 13·58 এবং 1·05 হইলে hএর মান নির্ণয় কর।

[The volume of a bubble of air is doubled in rising from a depth of h metres in a sea to the surface. If the barometric height be 750 mm. and the relative densities of mercury and sea-water are respectively 13·58 and 1·05, calculate h.]

[H. S. Exam., 1961]

[সংকেত : ব্যারোমিটার উচ্চতাকে সমুদ্রজলের উচ্চতা দ্বারা প্রকাশ করিলে ঐ উচ্চতা হইবে $= \frac{75 \times 13{\cdot}58}{1{\cdot}05}$ cm.

সুতরাং

$$\left(\frac{75 \times 13{\cdot}58}{1{\cdot}05} + h \times 100\right) V = 2V \times 75 \times 13{\cdot}58$$

$$\text{Or,} \quad \frac{76 \times 13{\cdot}58}{1{\cdot}05} + 100h = 2 \times 75 \times 13{\cdot}58$$

$\therefore$ $h = 9{\cdot}7$ metres.]

তাপ-বিজ্ঞান

প্রথম পরিচ্ছেদ

তাপমাত্রা ও পদার্থের প্রসারণ

***প্রশ্ন ১। তাপ ও তাপমাত্রার ভিতর প্রভেদ কি? তাপের ফল কি?**

[Distinguish between heat and temperature. What are the effects of heat ?*]

উঃ। তাপকে আমরা এমন এক জিনিস বলিয়া মনে করিতে পারি যাহার গ্রহণে বস্তু উষ্ণ হয় এবং বর্জনে শীতল হয়।

তাপমাত্রা বস্তুর এমন এক তাপীয় (thermal) অবস্থা যাহা নির্ণয় করে যে ঐ বস্তুটি অন্য বস্তুকে তাপ দিবে কিংবা অন্য বস্তু হইতে তাপ গ্রহণ করিবে।

ইহা ছাড়া তাপ ও তাপমাত্রার ভিতর নিম্নলিখিত পার্থক্য বর্তমান :—

(i) তাপ একপ্রকার শক্তি। তাপমাত্রা বস্তুর এক তাপীয় অবস্থা।

(ii) তাপ কারণ (cause)—তাপমাত্রা উহার ফল (effect)। তাপ ছাড়া তাপমাত্রার অস্তিত্ব থাকিতে পারে না।

(iii) কিছু পরিমাণ জলকে যদি তাপের সহিত তুলনা করা যায় তবে ঐ জলের তলকে তাপমাত্রার সহিত তুলনা করা যাইতে পারে।

(iv) দুই বস্তুতে সমপরিমাণ তাপ প্রয়োগ করিলে উহাদের তাপমাত্রা সমান নাও হইতে পারে। আবার দুই বস্তুর তাপমাত্রা এক হইলে উহাদের সমপরিমাণ তাপ থাকিবে—তাহারও কোন অর্থ নাই।

কোন বস্তুতে তাপ প্রয়োগ করিলে নিম্নলিখিত ফল দেখিতে পাওয়া যায় :—

(i) তাপমাত্রার পরিবর্তন—তাপ প্রয়োগে বস্তুর তাপমাত্রা বৃদ্ধি পায়।

(ii) অবস্থার পরিবর্তন—তাপ প্রয়োগে বস্তুর অবস্থার পরিবর্তন হয়—অর্থাৎ কঠিন বস্তু তরলে এবং তরল পদার্থ বাষ্পে পরিণত হয়।

(iii) রাসায়নিক পরিবর্তন—অনেক ক্ষেত্রে তাপ প্রয়োগের ফলে রাসায়নিক ক্রিয়া সংঘটিত হয়। যেমন, কয়লাকে উত্তপ্ত করিলে কয়লার কার্বন বায়ুর অক্সিজেনের সহিত রাসায়নিক ক্রিয়া করিয়া কার্বন-ডাইঅক্সাইড গ্যাস তৈয়ারী করে।

(iv) আলোক উৎপন্ন—অতিরিক্ত তাপ প্রয়োগে বস্তু আলোক উৎপন্ন করে। যেমন, এক টুকরা কয়লাতে তাপ প্রয়োগ করিলে দেখা যায় যে টুকরাটি আলোক উৎপন্ন করিয়াছে। তাছাড়া, দাহ্য পদার্থ তাপ পাইয়া আলোক উৎপন্ন করে।

(v) দহন ও প্রাণনাশ—তাপ প্রয়োগে বস্তু পুড়িয়া যায় ইহা আমাদের সকলেরই জানা আছে। কয়লা, তেল প্রভৃতি জ্বালানী তাপ প্রয়োগে জ্বলে ইহা আমাদের নিত্য অভিজ্ঞতা। অতিরিক্ত তাপ প্রয়োগে প্রাণী, জীবজন্তু এমন কি মানুষেরও প্রাণনাশ হয়।

****প্রশ্ন ২। পারদ থার্মোমিটার নির্মাণের প্রণালী বর্ণনা কর। থার্মোমিটারের রন্ধ্র সমান ব্যাসযুক্ত না হইলে ক্ষতি কি? থার্মোমিটারের ক্রমাঙ্কন কিরূপে করা হয়?**

[Describe the construction of a mercurial thermometer. Is it necessary that the tube should be of uniform bore throughout? Give reasons for your answer. How is it graduated?]

উঃ। পারদ থার্মোমিটার নির্মাণ করিতে হইলে নিম্নলিখিত প্রণালী অবলম্বন করিতে হইবে।

সর্বত্র সমান ব্যাসের সরু রন্ধ্রবিশিষ্ট একটি শক্ত কাচনল লইতে হইবে। ইহাকে পরিষ্কার ও শুষ্ক করিয়া একপ্রান্তে একটি কুণ্ড A তৈয়ারী কর (28 নং চিত্র)। একমুখ আগুনে গলাইয়া অন্যমুখে ফুঁ দিলে ঐরূপ কুণ্ড তৈয়ারী হইবে। নলের খোলামুখের কিছু নীচে (চিত্রে C অংশ) কাচের দেয়াল একটু গরম করিয়া চাপিয়া ধর যাহাতে ঐ স্থানের রন্ধ্র একটু বেশী সরু হয়।

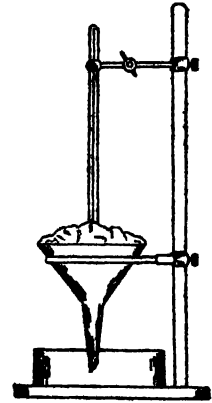
এক টুক্‌রা ছোট রবার নলের সাহায্যে কাচনলের খোলামুখে একটি ফানেল F আটকাও। অতঃপর নলটিকে খাড়াভাবে ধরিয়া ফানেলে কিছু পরিষ্কার ও শুষ্ক পারা ঢাল। নলের রন্ধ্র খুব সরু ও বায়ুপুর্ণ থাকায় রন্ধ্র বাহিয়া পারা কুণ্ডে আপনাআপনি পৌঁছাইবে না। ইহার জন্য একটি বিশেষ প্রক্রিয়া অবলম্বন করিতে হইবে। কুণ্ডটি একটু গরম কর। কুণ্ডের বায়ু আয়তনে বাড়িবে এবং পারার ভিতর কিছু বুদ্‌বুদ্‌ কাটিয়া বাহির হইয়া যাইবে। এইবার কুণ্ডটি ঠাণ্ডা কর। ইহাতে কুণ্ডের বায়ুব সংকোচন হইবে এবং কিছু পারা রন্ধ্রের ভিতর দিয়া কুণ্ডে পৌঁছাইবে। এইরূপ কুণ্ডকে কয়েকবার পর্যায়ক্রমে গরম ও ঠাণ্ডা করিলে কুণ্ড প্রায় পারদ দ্বারা পুর্ণ হইবে। অতঃপর কুণ্ডকে খুব বেশী উত্তপ্ত করিতে হইবে যাহাতে কুণ্ডের পারা ফুটিতে থাকে এবং পারদ হইতে বাষ্প উঠিতে থাকে। এই পারদ-বাষ্প রন্ধ্রের সব বায়ু ও জলীয় বাষ্প ঠেলিয়া বাহির করিয়া দিবে। কুণ্ডকে ঠাণ্ডা করিলে পারা কুণ্ড ও রন্ধ্র অধিকার করিবে এবং এই অবস্থায় ফানেল হইতে অতিরিক্ত পারা সরাইয়া ফেলিতে হইবে।

চিত্র নং 28

এইবার জলের স্ফুটনাঙ্ক অপেক্ষা বেশী তাপমাত্রায় থার্মোমিটারের কুণ্ড ও রন্ধ্রকে উত্তপ্ত করিতে হইবে। ফলে আয়তনে বাড়িয়া কিছু পারদ ফানেলে প্রবেশ করিবে। এই পারদ সরাইয়া ফেলিতে হইবে। এখন কুণ্ডকে আস্তে আস্তে ঠাণ্ডা হইতে দাও। পারা আয়তনে সংকুচিত হইয়া যেই C দাগ অতিক্রম করিবে তখন ঐ স্থান আগুনে গলাইয়া বন্ধ কর। কুণ্ড সম্পূর্ণ ঠাণ্ডা হইলে পারা কুণ্ড ও রন্ধ্রের কিছু অংশ অধিকার করিবে। এইরূপে পারদ থার্মোমিটার তৈয়ারী হয়।

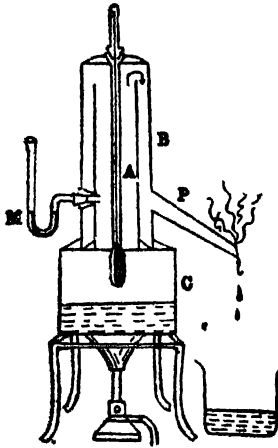
থার্মোমিটার নলের রন্ধ্র সর্বত্র সমান ব্যাসযুক্ত না হইলে সমান তাপমাত্রা ভেদে পারদ রন্ধ্র বাহিয়া সমান দূরত্ব উঠিবে না। সুতরাং নলের ক্রমাঙ্কন (graduation) ভয়ানক অসুবিধাজনক হইয়া পড়িবে। এইজন্য সাধারণক্ষেত্রে সমান ব্যাসযুক্ত রন্ধ্রের নল লওয়া হয়।

থার্মোমিটার নলের ক্রমাঙ্কন পদ্ধতি :

থার্মোমিটার তৈয়ারী করিবার পর উহার গায়ে স্কেল কাটিতে হইবে—অর্থাৎ তাপমাত্রাজ্ঞাপক স্কেল অঙ্কিত করিতে হইবে। ইহাকে ক্রমাঙ্কন (graduation) বলে। এই ক্রমাঙ্কনের জন্য দুইটি স্থিরাঙ্ক (fixed point) নির্ণয় করিতে হয়। এই স্থিরাঙ্ক দুইটিকে বলা হয় নিম্নস্থিরাঙ্ক (lower fixed point) বা হিমাঙ্ক (freezing point) ও ঊর্ধ্বস্থিরাঙ্ক (upper fixed point) বা স্ফুটনাঙ্ক (boiling point.)

চিত্র নং 29

স্বাভাবিক বায়ুমণ্ডলের চাপে বিশুদ্ধ বরফ যে তাপমাত্রায় গলে তাহাকে নিম্নস্থিরাঙ্ক বলে। ইহা নির্ণয় করিতে গেলে 29নং চিত্রে প্রদর্শিত ব্যবস্থা অবলম্বন করিতে হইবে। কিছু বরফ লইয়া পাতিত জলে (distilled water) ধুইয়া পরিষ্কার কর এবং ফানেলে রাখ। অতঃপর বরফের ভিতর থার্মোমিটারের কুণ্ড এবং নলের কিছু অংশ ডুবাইয়া থার্মোমিটারকে খাড়া অবস্থায় আটকাইয়া রাখ। বরফের সংস্পর্শে পারদ আয়তনে সংকুচিত হইবে এবং রন্ধ্র বাহিয়া নামিয়া আসিবে। কিছুক্ষণ পরে পারদ একজায়গায় স্থির হইয়া দাঁড়াইবে। ঐ জায়গা চিহ্নিত কর। উহাই নিম্নস্থিরাঙ্ক বা হিমাঙ্ক।

স্বাভাবিক বায়ুমণ্ডলের চাপে বিশুদ্ধ জল যে তাপমাত্রায় ফুটিতে থাকে তাহাকে ঊর্ধ্বস্থিরাঙ্ক বলে। ইহা নির্ণয় করিতে গেলে 30নং চিত্রে প্রদর্শিত ব্যবস্থা অবলম্বন করিতে হইবে। চিত্রে যে পাত্রটি দেখান হইয়াছে উহাকে হিপ্‌সোমিটার (bypsometer) বলে। এই যন্ত্রে C একটি তামার পাত্র। ইহার সহিত একটি খাড়া চোঙ A যুক্ত। A-চোঙকে ঘিরিয়া আর একটি বড় চোঙ B আছে। এই চোঙের উপরে একটি এবং পাশে একটি (P) ছিদ্র আছে। C পাত্রটি আংশিক জলপূর্ণ এবং B চোঙের উপরের ছিদ্র কর্ক দ্বারা

বদ্ধ। থার্মোমিটারটি কর্কের একটি ছিদ্র দিয়া A-চোঙের ভিতর এমনভাবে ঢুকানো যে উহার কুণ্ড জল হইতে খানিকটা উপরে আছে। যখন C-পাত্রের জলকে ফুটানো হয় তখন স্টীম প্রথমে A-চোঙের ভিতর দিয়া এবং পরে A ও B-চোঙ দুইটির মধ্যবর্তী স্থান দিয়া P পথে বাহির হইয়া যায়। A-চোঙের স্টীমের চাপের সহিত বায়ুমণ্ডলের চাপের প্রভেদ বুঝিবার জন্য একটি দু'মুখ খোলা বাঁকান কাঁচনল (M) পারদপূর্ণ করিয়া যন্ত্রটির সহিত লাগানো থাকে।

চিত্র নং 30

উষ্ণ স্টীমের সংস্পর্শে আসিয়া থার্মোমিটার কুণ্ডের পারদ আয়তনে প্রসারিত হইবে এবং রন্ধ্র বাহিয়া উঠিতে থাকিবে। কিছুক্ষণ পরে পারদ এক জায়গায় স্থির হইয়া দাঁড়াইবে। ঐ স্থানে চিহ্ন দিতে হয়। উহাই হইল ঊর্ধ্বাস্থিরাঙ্ক বা স্ফুটনাঙ্ক।

অতঃপর নিম্নস্থিরাঙ্ক ও ঊর্ধ্বস্থিরাঙ্ক দুইটির মধ্যবর্তী স্থান তাপমাত্রার বিভিন্ন প্রচলিত স্কেল অনুযায়ী দাগ কাটা হয়। প্রত্যেকটি দাগকে ডিগ্রী বলা হয়।

প্রশ্ন ৩। একটি পারদ থার্মোমিটার বর্ণনা কর। ইহা কিরূপে সুবেদী করা যায়? কি হইলে ইহা দ্রুত ক্রিয়াশীল হয়?

[Briefly describe a mercury-in-glass thermometer. What makes it sensitive ? What makes it quick-acting ?]

[H. S. (Comp.), 1965]

উঃ। প্রথমাংশ ঃ 2নং প্রশ্ন দেখ।

শেষাংশ ঃ থার্মোমিটার কুণ্ডের আকার বৃদ্ধি করিলে থার্মোমিটার সুবেদী হইবে, কারণ ঐ কুণ্ডে বেশী আয়তন তরল থাকিবে এবং প্রতি

ডিগ্রী তাপমাত্রা পরিবর্তনে ঐ তরলের প্রসারণ থার্মোমিটার নলের বেশী দৈর্ঘ্য ব্যাপিয়া হইবে। থার্মোমিটার রন্ধ্র খুব সরু হইলেও থার্মোমিটার সুবেদী হয়; কারণ, নির্দিষ্ট আয়তন বৃদ্ধিতে রন্ধ্র যত সরু হইবে তরলসূত্র রন্ধ্র বাহিয়া তত বেশী অগ্রসর হইবে। তাছাড়া, থার্মোমিটার সুবেদী করিতে হইলে, উচ্চ প্রসারণ গুণাঙ্কযুক্ত তরল ব্যবহার করিতে হইবে।

থার্মোমিটারকে দ্রুত ক্রিয়াশীল করিতে হইলে কুণ্ড পাতলা কাচের তৈয়ারী করিতে হইবে। কুণ্ডটির সাইজও ছোট করিতে হইবে। তাছাড়া, থার্মোমিটারের তরল পদার্থকে তাপের সুপরিবাহী হইতে হইবে যাহাতে তরলের সর্বত্র তাপ দ্রুত ছড়াইয়া পড়িতে পারে।

প্রশ্ন ৪। থার্মোমিটারের স্থিরাঙ্ক বলিতে কি বোঝ? ঊর্ধ্ব-স্থিরাঙ্ক কিরূপে নির্ণয় করিবে? ঊর্ধ্বস্থিরাঙ্ক নির্ণয়ে ব্যারোমিটার পাঠ করিবার প্রয়োজন হয় কেন?

[What is meant by the fixed points of a thermometer? How would you determine the upper one? Why is it necessary to note the barometric height when determining the upper fixed point of a thermometer?]

[H. S. Exam., 1962]

উঃ। প্রথমাংশ 2নং প্রশ্ন দ্রষ্টব্য।

শেষাংশ: যে-তাপমাত্রায় জল ফুটিতে সুরু করে তাহা বায়ুমণ্ডলের চাপের উপর নির্ভর করে। চাপ বেশী হইলে জল বেশী তাপমাত্রায় ফোটে এবং চাপ কম হইলে কম তাপমাত্রায় ফোটে। এই কারণে স্বাভাবিক বায়ুমণ্ডলের চাপে জল যে তাপমাত্রায় ফুটিবে (অর্থাৎ 100°C) তাহাকেই ঊর্ধ্বস্থিরাঙ্ক ধরা হয়। সুতরাং ঊর্ধ্ব স্থিরাঙ্ক নির্ণয়ের সময় ব্যারোমিটার পাঠ লইয়া দেখিতে হইবে যে ঐ সময় বায়ু-চাপ স্বাভাবিক কি না। স্বাভাবিক অপেক্ষা বায়ু-চাপ কিছু ভিন্ন হইলে তদনুযায়ী ঊর্ধ্বস্থিরাঙ্কের সংশোধন করিয়া লইতে হইবে।

প্রশ্ন ৫। (ক) দুইটি প্রধান থার্মোমিটার স্কেল কি? উহাদের ভিতর সম্বন্ধ নির্ণয় কর।

(খ) বায়ু-চাপ স্বাভাবিক অপেক্ষা বেশী কি কম তাহা থার্মোমিটার দ্বারা কিরূপে নির্ণয় করিবে?

[(a) What are the two main thermometric scales? Determine the relation between them. [H. S. (Comp.), 1963]

(b) How could a thermometer be used to find whether the atmospheric pressure were above or below the normal?]

উঃ। (ক) দুইটি প্রধান থার্মোমিটার স্কেল হইতেছে :—(i) সেন্টিগ্রেড ও (ii) ফারেনহাইট। সেন্টিগ্রেড স্কেল অনুযায়ী নিম্নস্থিরাঙ্ক 0° ও উর্ধ্বস্থিরাঙ্ক 100° ডিগ্রী ধরা হয় এবং মধ্যবর্তী স্থানকে 100 সমান ভাগে ভাগ করা হয়। প্রত্যেক ভাগকে বলা হয় এক সেন্টিগ্রেড ডিগ্রী।

ফারেনহাইট স্কেল অনুযায়ী নিম্নস্থিরাঙ্ক 32° ও উর্ধ্বস্থিরাঙ্ক 212° ডিগ্রী ধরা হয় এবং মধ্যবর্তী স্থানকে 180 সমান ভাগে ভাগ করা হয়। প্রত্যেক ভাগকে বলা হয় এক ফারেনহাইট ডিগ্রী।

দুই স্কেলের সম্বন্ধ :

সেন্টিগ্রেড ও ফারেনহাইট থার্মোমিটারে একই তাপমাত্রার ব্যবধান (অর্থাৎ হিমাঙ্ক হইতে স্ফুটনাঙ্ক পর্যন্ত) যথাক্রমে 100 ও 180 ভাগে ভাগ করা হইয়াছে। ধর, কোন তাপমাত্রা সেন্টিগ্রেড স্কেলে C এবং ফারেনহাইট স্কেলে F দেখা গেল। উহাদের মধ্যে সম্বন্ধ নির্ণয় করিতে হইবে। এখন, এক সেন্টিগ্রেড ডিগ্রী হইল স্কেলের হিমাঙ্ক হইতে স্ফুটনাঙ্ক পর্যন্ত তাপমাত্রা ব্যবধানের $\frac{1}{100}$ ভাগ।

সুতরাং C সেন্টিগ্রেড ডিগ্রী = ঐ ব্যবধানের $\frac{C}{100}$ ভাগ

এখন, ফারেনহাইট স্কেলে পারদ F দাগ পর্যন্ত পৌছানো মানে হিমাঙ্ক হইতে (F—32) দাগ যাওয়া।

কিন্তু, 1 ফারেনহাইট ডিগ্রী = হিমাঙ্ক হইতে স্ফুটনাঙ্ক পর্যন্ত

তাপমাত্রার $\frac{1}{180}$ ভাগ

অতএব, (F-32) „ „ = ঐ ব্যবধানের $\frac{F-32}{180}$ ভাগ

যেহেতু তাপমাত্রার ব্যবধান দুই স্কেলেই সমান, অতএব

$$\frac{C}{100}=\frac{F-32}{180} \text{ অথবা } \frac{C}{5}=\frac{F-32}{8}.$$

(খ) জলের স্ফুটনাঙ্ক স্বাভাবিক বায়ু-চাপে 100°C ধরা হয় অর্থাৎ বায়ু-চাপ স্বাভাবিক হইলে জল 100°C তাপমাত্রায় ফুটিতে থাকে। যদি বায়ু-চাপ স্বাভাবিক অপেক্ষা বেশী থাকে তবে জল 100°C তাপমাত্রার বেশী তাপমাত্রায় ফুটবে, আর বায়ু চাপ স্বাভাবিক অপেক্ষা কম থাকিলে জল 100°C অপেক্ষা কম তাপমাত্রাতে ফুটবে। সুতরাং থার্মোমিটার দ্বারা স্ফুটনাঙ্ক মাপিয়া বলা যায় যে তখনকার বায়ু চাপ স্বাভাবিক অপেক্ষা বেশী কি কম।

প্রশ্ন ৬। থার্মোমিটার স্কেলের 'প্রাথমিক অন্তর' বলিতে কি বুঝায়? কোন থার্মোমিটারের প্রাথমিক অন্তর নির্ণয় পদ্ধতি বর্ণনা কর।

[What is meant by 'fundamental interval' of the thermometer scale? Describe an experiment to determine it for a given thermometer.]

উঃ। প্রাথমিক অন্তর :

কোন থর্মোমিটারের নিম্নস্থিরাঙ্ক হইতে ঊর্ধ্বস্থিরাঙ্ক পর্যন্ত তাপমাত্রার ব্যবধানকে বলা হয় প্রাথমিক অন্তর।

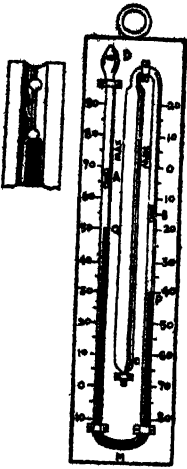
প্রাথমিক অন্তর নির্ণয় : 2 নং প্রশ্নে নিম্নস্থিরাঙ্ক ও ঊর্ধ্বস্থিরাঙ্ক নির্ণয় পদ্ধতি আলোচনা করা হইয়াছে। সুতরাং তাহা হইতে প্রাথমিক অন্তর সহজে নির্ণয় করা যাইবে।

প্রশ্ন ৭। সুন্দর নক্শা সহযোগে নিম্নলিখিত দুইটি থার্মোমিটারের বিবরণ দাও :

(ক) লঘিষ্ঠ ও গরিষ্ঠ থার্মোমিটার (খ) ডাক্তারী বা ক্লিনিক্যাল থার্মোমিটার।

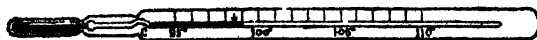
[Describe with the help of neat diagrams the construction

of (*a*) a maximum and minimum thermometer, and (*b*) a clinical or doctor's thermometer.] [H. S. Exam., 1960, '61]

উঃ। (ক) 31 নং চিত্রে একটি সিক্সের লঘিষ্ঠ ও গরিষ্ঠ থার্মোমিটারের নক্শা দেখান হইল। এই থার্মোমিটারের সাহায্যে কোন দিনের সর্বোচ্চ ও সর্বনিম্ন তাপমাত্রা পাওয়া যায়। এই থার্মোমিটারের কুণ্ড C-র সহিত একটি U-নল PMQ সংযুক্ত। U-নলের অপরপ্রান্তে আর একটি ছোট কুণ্ড D আছে। C-কুণ্ড ও তৎসংলগ্ন কাচনলের P পর্যন্ত এ্যালকোহলে পূর্ণ। P হইতে U-নলের অপর বাহুর Q পর্যন্ত পারদে পূর্ণ। এই পারদ সূচকের কাজ করিবে। Q হইতে বাকী U-নল এবং D-কুণ্ডের কিছু অংশ আবার এ্যালকোহলে পূর্ণ। D-কুণ্ডের বাকী অংশ এ্যালকোহল বাষ্প দ্বারা পূর্ণ থাকে। থার্মোমিটারের তরল উত্তপ্ত হইয়া প্রসারিত হইলে ঐ কুণ্ডে আসিয়া জমা হইতে পারে। পারদস্তম্ভের দুই প্রান্তে পারদের বাহিরে দুইটি ইস্পাতের সূচক A ও B আছে। এই সূচক দুইটি স্প্রীংএর সাহায্যে কাচনলের দেওয়ালে আটকাইয়া থাকে (ছবিতে আলাদাভাবে দেখানো হইয়াছে)। সূচক দুইটি ঠেলা খাইলে নল বাহিয়া অগ্রসর হয় কিন্তু ঠেলা না খাইলে স্প্রীং দ্বারা নলের গায়ে আটকাইয়া থাকে।

চিত্র নং 31

সর্বপ্রথম একটি চুম্বক দ্বারা বাহির হইতে A ও B সূচকদ্বয়কে টানিয়া Q ও P পারদপ্রান্তের সহিত ঠেকাইতে হইবে। এখন যদি উষ্ণতা বাড়িতে থাকে তবে C-কুণ্ডের এ্যালকোহলের আয়তন বাড়িতে থাকিবে এবং উহা পারদকে বাঁদিকের নলে ঠেলিয়া তুলিবে। এই নলে পারদ পৃষ্ঠের উপরে অবস্থিত A সূচকও একই সঙ্গে উপরে ওঠে কিন্তু B সূচক যথাস্থানে থাকে। আবার ঠাণ্ডা হইয়া C-কুণ্ডের এ্যালকোহলের আয়তন সংকুচিত হইলে পারদ ডানদিকের নল বাহিয়া উপরে ওঠে এবং B সূচককে ঠেলিয়া তোলে। সুতরাং

আবার বাঁদিকের A সূচক যথাস্থানেই থাকিয়া যায়। অতএব এই থার্মোমিটারে বাঁদিকের A সূচকের নিম্নাংশ ও ডানদিকের B সূচকের নিম্নাংশ যথাক্রমে সর্বোচ্চ ও সর্বনিম্ন তাপমাত্রা নির্দেশ করে।

(খ) 32 নং চিত্রে একটি ডাক্তারী থার্মোমিটারের নক্‌শা দেখানো হইল। এই থার্মোমিটার মানুষের জ্বর পরীক্ষা করিবার জন্য চিকিৎসকগণ কর্তৃক ব্যবহৃত হয়। ইহা একটি ফারেনহাইট থার্মোমিটার। এই থার্মোমিটারে 95° ডিগ্রী হইতে 110° ডিগ্রী ফারেনহাইট পর্যন্ত দাগকাটা থাকে, কারণ, মানুষের দেহের তাপমাত্রা ইহার ভিতরে ওঠা-নামা করে। 98·4° ডিগ্রীর কাছাকাছি একটি দাগ দেওয়া থাকে। উহা স্বাভাবিক ও সুস্থ দেহের তাপমাত্রা বুঝায়। থার্মোমিটারের

চিত্র নং 32

কুণ্ডটির কাছে রন্ধ্র খুব সংকুচিত এবং একটু বাঁকা (ছবিতে C অংশ)। ইহার ফলে মানুষের দেহের তাপমাত্রা অনুযায়ী পারা সংকুচিত স্থান দিয়া অনায়াসে আয়তনে বাড়িয়া অগ্রসর হইবে কিন্তু দেহের বাহিরে থার্মোমিটার আনিলে পারা ঐ স্থান দিয়া কুণ্ডে ফিরিয়া আসিতে পারে না। সুতরাং তাপমাত্রা পড়িবার সুবিধা হয়। পুনরায় থার্মোমিটার ব্যবহার করিতে হইলে পারা কুণ্ডে ফিরাইয়া আনিতে হইবে এবং তাহার জন্য থার্মোমিটারে ঝাঁকুনি দিতে হয়।

প্রশ্ন ৮। থার্মোমিটারে পারদ ব্যবহার করিবার সুবিধা কি?

[What are the advantages of using mercury as a thermometric substance]

উঃ। থার্মোমিটারে অন্যান্য তরল অপেক্ষা পারদ ব্যবহার করিবার নিম্নলিখিত সুবিধা আছে:—

(ক) তাপমাত্রা পরিবর্তনে পারদের আয়তন পরিবর্তন খুব নিয়মানুগ এবং এই পরিবর্তন তাপমাত্রার দূর-পাল্লা পর্যন্ত প্রসারিত।

(খ) পারদের আপেক্ষিক তাপ কম হওয়ায় বস্তু হইতে অল্প তাপ লইয়া ইহা বস্তুর তাপমাত্রা লাভ করে।

(গ) নির্দিষ্ট তাপমাত্রার তারতম্যে অন্যান্য তরল হইতে পারদের আয়তন প্রসারণ অনেক বেশী। সুতরাং পারদ থার্মোমিটার দ্বারা তাপমাত্রার সূক্ষ্ম পরিমাপ সম্ভব।

(ঘ) পারদ প্রায় 350° সেন্টিগ্রেডে বাষ্পীভূত হয় এবং —39° সেন্টিগ্রেডে ঘনীভূত হয়। সুতরাং এই বিস্তীর্ণ পাল্লার ভিতর যে-কোনো তাপমাত্রা পারদ থার্মোমিটার দ্বারা মাপা যায়।

(ঙ) পারদ সহজেই বিশুদ্ধ অবস্থায় পাওয়া যায়।

(চ) বিশুদ্ধ পারদ কাচ ভিজায় না বা কাচনলে আটকাইয়া থাকে না।

(ছ) পারদ অস্বচ্ছ ও চকচকে বলিয়া কাঁচের ভিতর দিয়া সহজে দেখা যায়।

প্রশ্ন ৯। গরিষ্ঠ থার্মোমিটার কাহাকে বলে? চিত্র সহযোগে বুঝাইয়া দাও কিরূপে ডাক্তারী থার্মোমিটার গরিষ্ঠ থার্মোমিটার-রূপে কাজ করে।

[What is a maximum thermometer ? Explain with the help of a diagram how a clinical thermometer acts as a maximum thermometer.]

উঃ। যে থার্মোমিটারের সাহায্যে পরিবর্তনশীল তাপমাত্রার মধ্যে সর্বোচ্চ তাপমাত্রা কত হইল তাহা পাঠ করা যায় তাহাকে গরিষ্ঠ থার্মোমিটার বলে।

ডাক্তারী থার্মোমিটারকে গরিষ্ঠ থার্মোমিটার হিসাবে গণ্য করা যায়, কারণ, ইহার সাহায্যে দেহের সর্বোচ্চ তাপমাত্রা কোন্ দিন কিরূপ তাহা সহজে নির্ণয় করা যায়।

বিবরণ ও কার্যপ্রণালীর জন্য ৭নং প্রশ্ন দ্রষ্টব্য।

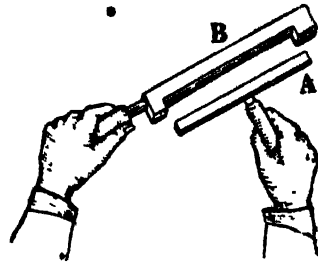
প্রশ্ন ১০। তাপ প্রয়োগে কঠিন, তরল ও গ্যাসীয় পদার্থের প্রসারণ ঘটে তাহা উপযুক্ত পরীক্ষা দ্বারা বুঝাইয়া দাও। তরল অপেক্ষা গ্যাসের প্রসারণ বেশী এবং কঠিন অপেক্ষা তরলের প্রসারণ বেশী ইহা তোমার পরীক্ষা হইতে কিরূপে বুঝিতে পার?

[Describe simple experiments to show that solids, liquids, and gases expand when heated. What evidence do

your experiments give to show that gases expand more than liquids and liquids more than solids ?]

ঊ:। কঠিনের প্রসারণ :

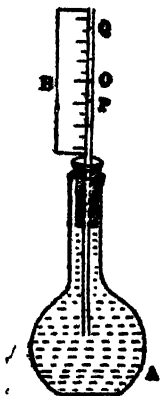
কঠিন পদার্থকে উত্তপ্ত করিলে উহার তিন রকমের প্রসারণ হইতে পারে। যেমন, দৈর্ঘ্যপ্রসারণ, ক্ষেত্রপ্রসারণ ও আয়তন প্রসারণ। নিম্নবর্ণিত পরীক্ষা দ্বারা কঠিনের দৈর্ঘ্যপ্রসারণ দেখানো যাইতে পারে।

A একটি ধাতবদণ্ড। উহার সহিত একটি কাঠের হাতল লাগানো আছে (33 নং চিত্র)। B একটি ধাতুনির্মিত গেজ। সাধারণ তাপমাত্রায় A দণ্ড B-এ ফাঁকের মধ্যে ঠিক আঁট হইয়া বসিয়া যায়। এইবার A দণ্ডকে উত্তপ্ত কর। উত্তপ্ত অবস্থায় উহাকে B-র ফাঁকের মধ্যে বসাইতে চেষ্টা কর। দেখিবে যে উহা ফাঁকে আর বসিবে না। অর্থাৎ ইহা প্রমাণ করে যে উত্তাপ পাইয়া A দণ্ড দৈর্ঘ্যে বাড়িয়া গিয়াছে এবং সেই হেতু দণ্ডটি আর B-র ফাঁকে বসিতেছে না। A দণ্ডকে ঠাণ্ডা করিয়া পূর্বের তাপমাত্রায় আনিলে উহা আবার B-র ফাঁকের মধ্যে বসিবে।

চিত্র নং 33

তরলের প্রসারণ :

তরলের নিজস্ব কোন আকার না থাকায় উহার দৈর্ঘ্য বা ক্ষেত্র প্রসারণ হয় না। তরলের শুধু আয়তন প্রসারণ হয়। নিম্নের পরীক্ষা তরলের প্রসারণ বুঝাইয়া দিবে।

সরু ও লম্বা গলাযুক্ত পাতলা কাচের ফ্লাস্ক (A) লও এবং উহার ছিপিতে সরু ছিদ্র করিয়া একটি কাচনল ঐ ফ্লাস্কের ভিতর 34 নং চিত্রে যেমন দেখানো হইয়াছে ঐরূপ প্রবেশ করাও। নলটির সহিত একটি স্কেল (B) আটকাও। এইবার ফ্লাস্ককে রঙিন জল দ্বারা পূর্ণ কর এবং ছিপি শক্ত করিয়া আটকাও। জল সরু কাচনল বাহিয়া উঠিবে। ধর, জল O-দাগে

গিয়া দাঁড়াইল। জল রঙিন হওয়ায় দেখিতে সুবিধা হইবে; এখন, একটা পাত্রে খানিকটা গরম জল লইয়া ফ্লাস্কটিকে ঐ পাত্রে বসাও। দেখিবে রঙিন জল প্রথমে খানিকটা নামিয়া P-দাগে আসিল এবং O-দাগ ছাড়াইয়া খানিকটা উপরে গিয়া Q-দাগে পৌছাইল।

চিত্র নং 34

প্রথমে গরম জলের তাপ পাইয়া কাচ আয়তনে প্রসারিত হয়। কাচ তাপের সুপরিবাহী নহে। তাই, ফ্লাস্কের ভিতরের জল প্রথমে এই তাপ পায় না। কিন্তু কাচের যে আয়তন প্রসারণ হয় ফ্লাস্কের রঙিন জল তাহা অধিকার করায় উহা কাচনল বাহিয়া খানিকটা নামিয়া আসে। পরে যখন গরম জলের তাপ রঙিন জলে পৌছায় তখন রঙিন জল আয়তনে প্রসারিত হয় এবং কাচনল বাহিয়া Q-দাগে পৌছায়।

এই পরীক্ষা হইতে ইহা সহজে বোঝা যায় যে কাচ অপেক্ষা জলের প্রসারণ বেশী অর্থাৎ কঠিন অপেক্ষা তরলের প্রসারণ বেশী। কারণ, কাচের প্রসারণের জন্য রঙিন জল O হইতে P-দাগে নামে অর্থাৎ উহাই হইল কাচের প্রসারণ এবং রঙিন জলের নিজস্ব প্রসারণের ফলে উহা O-দাগ ছাড়াইয়া আরো বেশী উপরে ওঠে

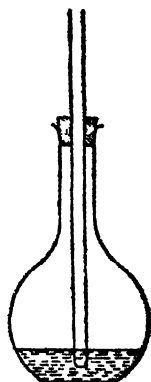
কোন থার্মোমিটারের কুণ্ড যদি হাতে চাপিয়া ধর তবে দেখিবে যে থার্মোমিটারের রন্ধ্র বাহিয়া পারা ধীরে ধীরে উপরে উঠিতেছে। অর্থাৎ হাতের তাপ পাইয়া পারার আয়তন প্রসারণ ঘটিতেছে।

গ্যাসের প্রসারণ :

একটি বেলুনে কিছু হাওয়া ভর্তি করিয়া ফুলাও। এখন, বেলুনকে উনানের পাশে রাখিলে দেখিবে যে ক্রমশঃ বেলুন ফুলিয়া উঠিতেছে। ইহার কারণ কি? ইহার কারণ এই যে উনানের উত্তাপ পাইয়া বেলুনের ভিতরের হাওয়া আয়তনে প্রসারিত হইতে চায় এবং বেলুনের উপর ভিতর হইতে বাহিরের দিকে চাপ দেয়। তাই বেলুন ধীরে ধীরে ফুলিতে থাকে।

একটি পাতলা কাচের ফ্লাস্ক লইয়া উহাতে কিছু রঙিন জল ঢাল এবং রবার কর্ক দ্বারা মুখ বায়ু-নিরুদ্ধভাবে বন্ধ কর (35নং চিত্র)। কর্কের ফুটা দিয়া একটি সরু কাচনল ঢুকাও এবং ফ্লাস্কের তলা পর্যন্ত পৌঁছাইয়া দাও। জল ছাড়া ফ্লাস্কের বাকী অংশ বায়ুপূর্ণ। এইবার দুই হাত দিয়া ফ্লাস্কের উপরাংশ আবৃত করিলে দেখা যাইবে যে কাচনল বাহিয়া রঙিন জল ঊর্ধ্বে উঠিয়াছে। কেন জলের এই ঊর্ধ্বগতি হইল ?

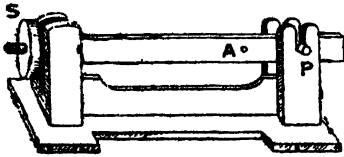
চিত্র নং 35

হাতের উত্তাপে ফ্লাস্কের বায়ু আয়তনে প্রসারিত হইতে চায়। কিন্তু প্রসারণের জায়গা না থাকায় জলের উপর বায়ু চাপ প্রয়োগ করে। এই চাপ জলকে সরু কাচনল বাহিয়া ঊর্ধ্বে উঠাইয়া দেয়।

এখন যদি ফ্লাস্কের উপরাংশ হাত দিয়া আবৃত না করিয়া তলার অংশ অর্থাৎ যেখানে জল আছে সেই অংশ আবৃত করা যায় তবে জলের ঐরূপ ঊর্ধ্বগতি লক্ষিত হইবে না। কারণ, হাতের উত্তাপে জলের খুব সামান্য প্রসারণ হয়। ইহা প্রমাণ করে যে তরলের চাইতে গ্যাসের প্রসারণ অনেক বেশী।

প্রশ্ন ১১। তাপ প্রয়োগে পদার্থের প্রসারণ অথবা শৈত্যে সংকোচনের দরুণ যে প্রচণ্ড বলের উদ্ভব হয় তাহা প্রদর্শনের একটি উপযুক্ত পরীক্ষা বর্ণনা কর। ঐ ধরনের বলের দুইটি প্রয়োগের উল্লেখ কর।

[Describe an experiment to show that a great force is exerted during the expansion of a body by heating or its contraction by cooling. Mention two applications of such a force.] **[H. S. (Comp.), 1964]**

উঃ। তাপ প্রয়োগে প্রসারণ বা তাপ-ত্যাগে সংকোচনের ফলে যে প্রচণ্ড চাপের উদ্ভব হয় তাহা নিম্নলিখিত পরীক্ষার সাহায্যে প্রদর্শন করানো যাইতে পারে।

একটি শক্ত লোহার দণ্ডকে একটি ভারী লৌহ-ফ্রেমের দুইটি অবলম্বনের ছিদ্র দিয়া গলাইয়া আটকানো যায় [চিত্র নং 35(a)]। দণ্ডটির এক প্রান্তে একটি ছিদ্র এবং অপর প্রান্তে একটি স্ক্রু-S লাগানো আছে। ঢালাই লোহার একটি পিন P (প্রায় $\frac{1}{4}$ ইঞ্চি ব্যাসবিশিষ্ট) ঐ ছিদ্র দিয়া ঢুকানো হয়।

চিত্র নং 35(a)

অতঃপর দণ্ডকে উত্তপ্ত করা হয় এবং উত্তপ্ত অবস্থায় স্ক্রু আঁটিয়া খুব শক্ত করা হয়। এখন দণ্ডকে শীতল করিলে দেখা যাইবে যে ঢালাই লোহার পিনটি ভাঙিয়া গেল। কারণ, শীতল করিলে দণ্ডটির সংকোচন হয় এবং তাহাতে প্রচণ্ড বলের উদ্ভব হয়। সমগ্র ব্যবস্থার সামান্য পরিবর্তন করিয়া লইলে—অর্থাৎ সুবিধামত স্থানে (A বিন্দুতে) ছিদ্র করিয়া লইলে উষ্ণতা বৃদ্ধির দরুন প্রসারণ ও তজ্জনিত প্রচণ্ড বলের উদ্ভব প্রদর্শন করানো যাইতে পারে।

যে-সকল বাড়ীর দেওয়াল বাঁকিয়া গিয়াছে তাহা সোজা করিবার জন্য উপরোক্ত বল প্রয়োগ করা হয়। লম্বা লৌহ দণ্ড দেওয়ালে ঢুকাইয়া উত্তপ্ত করা হয়। দণ্ডগুলি ঠাণ্ডা হইলে সংকোচনের দরুন যে বলের সৃষ্টি করে তাহা দেওয়ালকে টানিয়া সোজা করে। যে-সকল অট্টালিকা বা সেতু নির্মাণে প্রচুর লোহা ব্যবহার করা হয় তাহা উত্তপ্ত হইলে প্রসারিত হইতে চায়। কিন্তু গাঁথুনী দ্বারা ঐ প্রসারণকে বাধা দিলে প্রচণ্ড বলের উদ্ভব হয়। এই জন্য ইনজিনীয়ারগণ নির্মাণকার্যের সময় ঐ বলের প্রতি লক্ষ্য রাখেন।

****প্রশ্ন ১২। কঠিনের দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণাঙ্ক কাহাকে বলে? ইহা কি দৈর্ঘ্যের বা তাপমাত্রার এককের উপর নির্ভর করে? দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণাঙ্কের সহিত ক্ষেত্র ও আয়তন প্রসারণ গুণাঙ্কের সম্পর্ক নির্ণয় কর।**

[What is co-efficient of linear expansion of solid? Does it depend upon the unit of length or temperature?

Determine the relations between the co-efficients of linear, superficial and cubical expansion.]

[H. S. Exam., 1960, '62, '66]

উঃ। প্রতি একক দৈর্ঘ্যে প্রতি 1° ডিগ্রী তাপমাত্রা বৃদ্ধির জন্য পদার্থের যে দৈর্ঘ্য প্রসারণ হয় তাহাকে উক্ত পদার্থের দৈর্ঘ্য প্রসারণের গুণাঙ্ক বলে।

ধরা যাউক, t_1°C তাপমাত্রায় কোন দণ্ডের দৈর্ঘ্য l_1 এবং তাপমাত্রা বৃদ্ধি করিয়া t_2°C করিলে দৈর্ঘ্য হইল l_2.

কাজেই, (t_2-t_1)°C তাপমাত্রা বৃদ্ধির জন্য দৈর্ঘ্য প্রসারণ $=l_2-l_1$

সুতরাং " " " " প্রতি একক দৈর্ঘ্যে দৈর্ঘ্য

$$\text{প্রসারণ}=\frac{l_2-l_1}{l_1}$$

অথবা 1°C " " " প্রতি একক দৈর্ঘ্যে দৈর্ঘ্য

$$\text{প্রসারণ}=\frac{l_2-l_1}{l_1(t_2-t_1)}$$

দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণাঙ্ক α ধরিলে
$$\alpha=\frac{l_2-l_1}{l_1(t_2-t_1)}$$

দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণাঙ্ক দুইটি দৈর্ঘ্যের অনুপাত হওয়ায় ইহা দৈর্ঘ্যের এককের উপর নির্ভর করিবে না; কিন্তু তাপমাত্রার এককের উপর নির্ভর করিবে। যেমন, লোহার দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণাঙ্ক ·000012 বলিতে ইহাই বুঝাইবে যে 1 cm. বা 1 ft. বা 1 yd. লম্বা লোহার দণ্ড 1°C তাপমাত্রা বৃদ্ধির জন্য যথাক্রমে ·000012 cm. বা ·000012 ft. বা ·000012 yd. দৈর্ঘ্যে বাড়িবে। কিন্তু যদি তাপমাত্রা ফারেনহাইট এককে বলা হয় তবে ইহার মান আলাদা হইবে। যেহেতু $1°\text{F}=\frac{5}{9}$ C, কাজেই ফারেনহাইটে এই গুণাঙ্ক

$·000012\times\frac{5}{9}=·0000067$ হইবে।

তিন গুণাঙ্কের সম্পর্ক :

প্রতি একক ক্ষেত্রফলে প্রতি 1° ডিগ্রী তাপমাত্রা বৃদ্ধির জন্য পদার্থের যে-ক্ষেত্র প্রসারণ হয় তাহাকে উক্ত পদার্থের ক্ষেত্রপ্রসারণ গুণাঙ্ক বলে।

S_1 = প্রাথমিক ক্ষেত্রফল

S_2 = চূড়ান্ত ক্ষেত্রফল

t_1 ও t_2 = প্রাথমিক ও চূড়ান্ত তাপমাত্রা

β = ক্ষেত্রপ্রসারণ গুণাঙ্ক

এক্ষেত্রে $\beta = \dfrac{S_2 - S_1}{S_1(t_2 - t_1)}$

প্রতি একক আয়তনে প্রতি 1° তাপমাত্রা বৃদ্ধির জন্য পদার্থের যে-আয়তন প্রসারণ হয় উহাকে ঐ পদার্থের আয়তন প্রসারণ গুণাঙ্ক বলে।

V_1 = প্রাথমিক আয়তন

V_2 = চূড়ান্ত আয়তন

t_1 ও t_2 = প্রাথমিক ও চূড়ান্ত তাপমাত্রা

γ = আয়তন প্রসারণ গুণাঙ্ক

এক্ষেত্রে, $\gamma = \dfrac{V_2 - V_1}{V_1(t_2 - t_1)}$

ধর, $0^\circ C$ তাপমাত্রায় একটি বর্গক্ষেত্রের প্রত্যেক পাশের দৈর্ঘ্য l_0 cm. সুতরাং ঐ তাপমাত্রায় বর্গক্ষেত্রের ক্ষেত্রফল $S_0 = l_0^2$ sq. cm. এখন যদি তাপমাত্রা $t^\circ C$-এ বর্ধিত করা হয় তবে উহার প্রত্যেকটি পাশের দৈর্ঘ্য বাড়িবে এবং ক্ষেত্রফলও বাড়িবে।

এখন $t^\circ C$ তাপমাত্রায় প্রত্যেকটি পাশের দৈর্ঘ্য $l_t = l_0\ (1 + \alpha t)$

$\therefore$ „ „ বর্গক্ষেত্রের ক্ষেত্রফল $= S_t = \{l_0(1 + \alpha t)\}^2$

কিন্তু ক্ষেত্রপ্রসারণের দিক্ হইতে হিসাব করিলে $S_t = S_0\ (1 + \beta t)$

কাজেই, $S_0\ (1 + \beta t) = \{l_0(1 + \alpha t\ \}^2$

Or, $l_0^2\ (1 + \beta t) = l_0^2\ (1 + 2\alpha t + \alpha^2 t^2)$

Or, $1 + \beta t = 1 + 2\alpha t$ [α^2 খুব ছোট বলিয়া $\alpha^2 t^2$ উপেক্ষণীয়]

$\therefore\ \beta = 2\alpha$

ক্ষেত্রপ্রসারণ গুণাঙ্ক $= 2 \times$ দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণাঙ্ক

তেমনি, ধর, 0°C তাপমাত্রায় একটি ঘনকের প্রত্যেক পাশের দৈর্ঘ্য l_0 cm· সুতরাং ঐ তাপমাত্রায় ঘনকের আয়তন $V_0 = l_0^3$ c.c. এখন যদি তাপমাত্রা t°C-এ বর্ধিত করা হয় তবে উহার প্রত্যেকটি পাশের দৈর্ঘ্য বাড়িবে এবং ঘনকের আয়তনও বাড়িবে।

এখন, t°C তাপমাত্রায় প্রত্যেকটি পাশের দৈর্ঘ্য $l_t = l_0(1+\alpha t)$

∴ „ „ ঘনকের আয়তন $= V_t = \{l_0(1+\alpha t)\}^3$

কিন্তু আয়তন প্রসারণের দিক হইতে হিসাব করিলে $V_t = V_0(1+\gamma t)$

কাজেই $V_0(1+\gamma t) = \{l_0(1+\alpha t)\}^3$

Or, $l_0^3(1+\gamma t) = l_0^3(1+3\alpha t+3\alpha^2 t^2+\alpha^3 t^3)$

Or $1+\gamma t = 1+3\alpha t$ [$\alpha^2 t^2$ এবং $\alpha^3 t^3$ উপেক্ষণীয়]

∴ $\gamma = 3\alpha$

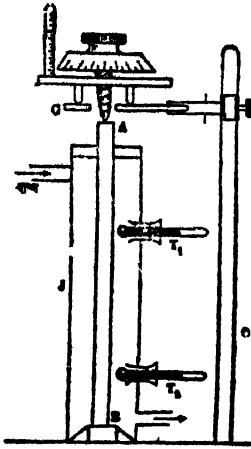
আয়তন প্রসারণ গুণাঙ্ক $= 3 \times$ দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণাঙ্ক।

***প্রশ্ন ১৩। কোন কঠিন পদার্থের দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণাঙ্ক কিরূপে নির্ণয় করিবে?**

[How will you determine the co-efficient of linear expansion of solid ?]

উঃ. কঠিন পদার্থের দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণাঙ্ক নির্ণয় করিতে হইলে Pullinger এর যন্ত্র প্রয়োজন। 36 নং চিত্রে এই ব্যবস্থা দেখানো হইয়াছে।

যে পদার্থের গুণাঙ্ক নির্ণয় করিতে হইবে তাহার প্রায় 1 metre লম্বা একটি দণ্ড AB লও। দণ্ডটি মোটা ধাতব চোঙ J র ভিতর বসানো। দণ্ডের উপর প্রান্ত A চোঙের মুখের কর্কের ছিদ্র দিয়া একটু বাহির করা এবং নিম্ন প্রান্ত B একটি মার্বেল প্লেটের উপর রক্ষিত। ইহার ফলে, উত্তাপ পাইয়া AB দণ্ড শুধু উপরের দিকে প্রসারিত হইবে; নীচের দিকে হইবে না। চোঙের ভিতর দিয়া ষ্টীম চলাচলের পথ আছে এবং তাপমাত্রা মাপিবার জন্য দুইটি থার্মোমিটার T_1 ও T_2 চোঙের ভিতর ঢুকানো থাকে। দণ্ডটির দৈর্ঘ্য প্রসারণ মাপিবার জন্য একটি স্ফেরোমিটার কাজে লাগানো হয়। স্ফেরোমিটার টি

একটি কাচের প্লেট G-এর উপর রাখা হয় এবং প্লেটের মাঝখানের একটি ছিদ্র দিয়া স্ফেরোমিটারের মধ্য-পা যাতায়াত করিতে পারে।

চিত্র নং 36

পরীক্ষা : ঘরের তাপমাত্রায় AB দণ্ডের দৈর্ঘ্য স্কেলের সাহায্যে নির্ণয় কর। ধর, এই দৈর্ঘ্য l_1. এবং তাপমাত্রা t_1 দণ্ডকে যথাস্থানে রাখিয়া স্ফেরোমিটার স্ক্রু ঘুরাইয়া মধ্য পা A-প্রান্তের সহিত স্পর্শ করাও এবং স্ফেরোমিটারের পাঠ লও। পাঠ লওয়া হইলে পুনরায় স্ক্রু ঘুরাইয়া মধ্য-পা অনেকটা উঁচুতে তোল যাহাতে দণ্ড প্রসারিত হইবার জায়গা পায়। এইবার চোঙের ভিতর স্টীম পাঠাও। ইহাতে দণ্ড উত্তপ্ত হইয়া প্রসারিত হইবে। থার্মোমিটার দুইটির প্রতি লক্ষ্য রাখ। স্টীমের উত্তাপে থার্মোমিটারের পারা ক্রমশঃ অগ্রসর হইবে। যখন থার্মোমিটারের পারা স্থির হইয়া দাঁড়াইবে তখন বোঝা যাইবে যে চোঙের ভিতরের তাপমাত্রা স্টীমের তাপমাত্রার সমান হইল। তখন পুনরায় স্ফেরোমিটার স্ক্রু ঘুরাইয়া উহার মধ্য-পা A-প্রান্তের সহিত স্পর্শ করাইয়া পাঠ লও। প্রাথমিক পাঠ হইতে দ্বিতীয় পাঠের অন্তরফল দণ্ডের দৈর্ঘ্যপ্রসারণের সমান। ধর, ইহা x cm. হইল। T_1 ও T_2 থার্মোমিটার হইতে তাপমাত্রা লক্ষ্য কর। দুই থার্মোমিটারে একই তাপমাত্রা হওয়া উচিত। সামান্য তফাত থাকিলে উহাদের গড় পাঠ লও। ধর, ইহা t_2. আমাদের জানা আছে,

$$\alpha = \frac{\text{দৈর্ঘ্য প্রসারণ}}{\text{প্রাথমিক দৈর্ঘ্য} \times \text{তাপমাত্রা বৃদ্ধি}} = \frac{x}{l_1(t_2 - t_1)}$$

এই সমীকরণে দক্ষিণদিকের অংশের সব কিছু রাশি জানা থাকায় α নির্ণয় করা যাইবে।

প্রশ্ন ১৪। 'লৌহ অপেক্ষা পিতল বেশী প্রসারশীল'—এই উক্তির ব্যাখ্যা কর। এই উক্তির স্বপক্ষে একটি পরীক্ষা বর্ণনা কর।

['Brass is more expansible than iron' when heated. Explain. Describe an experiment in support of this statement.] **[H. S. Exam., 1962]**

উঃ। তাপপ্রয়োগে সকল ধাতব পদার্থেরই প্রসারণ হয়। এই প্রসারণ বিভিন্ন ধাতুর বেলাতে বিভিন্ন। দেখা গিয়াছে যে সমদৈর্ঘ্য এবং প্রস্থচ্ছেদযুক্ত একটি পিতলের এবং একটি লোহার দণ্ড লইয়া উহাদের সম-তাপমাত্রায় বৃদ্ধি করিলে, লোহার দণ্ড অপেক্ষা পিতলের দণ্ডের দৈর্ঘ্য প্রসারণ বেশী হইবে। এই ঘটনা হইতে বলা যায় যে লৌহ অপেক্ষা পিতল বেশী প্রসারশীল। নিম্নলিখিত পরীক্ষা দ্বারা ইহা সুন্দরভাবে দেখানো হইয়াছে।

লোহা ও পিতলনির্মিত একই ধরনের দুইটি পাত লও এবং রিভেট (rivet) করিয়া উহাদের দৃঢ়ভাবে এক সঙ্গে আটকাও। সাধারণ অবস্থায় ঐ সম্মিলিত পাত সোজা থাকিবে। এখন উহাদের উত্তপ্ত কর। দেখিবে যে পাতটি আর সোজা নাই ; বাঁকিয়া গিয়াছে। ইহা প্রমাণ করে যে দুই ধাতুর প্রসারণ অসমান। কারণ, উভয়েই সমভাবে প্রসারিত হইলে পাত সোজাই থাকিত। তাছাড়া বক্রতা লক্ষ্য করিলে দেখা যাইবে যে ভিতরের দিকে আছে লোহা এবং বাহিরের দিকে আছে পিতল। ইহা প্রমাণ করে যে লোহা অপেক্ষা পিতল বেশী প্রসারশীল।

প্রশ্ন ১৫। নিম্নলিখিত প্রশ্নগুলির উত্তর দাও :

(i) **রেল লাইন পাতার সময় প্রত্যেক দুই টুক্‌রা লাইনের মাঝে খানিকটা ফাঁক থাকে কেন ?**

[Why is a small gap left between two successive rails in laying the railway lines ?]

(ii) **কাচের বোতলের গলায় গরম জল ঢালিলে আঁট ছিপি আল্‌গা হয় কেন ?**

[Why does a tight stopper become loose when warm water is sprinkled round the neck of a glass bottle ?]

(iii) পুরু কাচের পাত্রে গরম জল ঢালিলে পাত্রটি ফাটিয়া যায় কেন ?

[Why does a thick-walled glass tumbler crack when hot water is poured into it ?]

(iv) ধাতুনির্মিত স্কেল বিভিন্ন তাপমাত্রায় নির্ভুলভাবে দৈর্ঘ্য নির্ণয় করিতে পারে কি ?

[Can metallic scale measure length correctly at different temperature ?]

উঃ। (i) রেল লাইন পাতিবার সময় প্রত্যেক দুই টুকরা লাইনের মাঝে কিছু ফাঁক রাখা হয়, কারণ, ঘর্ষণে এবং সূর্যতাপে লোহার লাইনগুলির দৈর্ঘ্য প্রসারণ ঘটে। যদি ফাঁক না রাখিয়া মুখে মুখে জোড়া লাগানো থাকিত তবে দৈর্ঘ্য প্রসারণের ফলে যে বলের উদ্ভব হইত তাহা লাইনগুলিকে বাঁকাইয়া দিত ও দুর্ঘটনা ঘটিত। লোহার দৈর্ঘ্য প্রসারণ বিবেচনা করিয়া এই ফাঁকের পরিমাণ ঠিক করা হয় এবং সাধারণতঃ এই ফাঁক প্রায় সিকি ইঞ্চি পরিমাণ করা যায়।

(ii) কাচ তাপের সুপরিবাহী নহে। এইজন্য বোতলের গলায় গরম জল ঢালিলে গলা আয়তনে কিছু বাড়িবে। কিন্তু এই তাপ শীঘ্র ছিপিতে পরিবাহিত হয় না বলিয়া ছিপি প্রসারিত হইতে পারে না। সুতরাং আঁট ছিপি সহজে আলগা হইয়া পড়ে।

(iii) ইহারও কারণ এই যে কাচ ভাল তাপ পরিবহন করে না। পাত্রের ভিতর গরম জল ঢালিলে ভিতরের আয়তন বাড়িয়া যায়। কিন্তু এই তাপ শীঘ্র পাত্রের বাহিরের দিকে পরিবাহিত হয় না। কাজেই পাত্রের বাহিরের দিকের আয়তনের কোন পরিবর্তন হয় না। একই পাত্রের বাহির এবং ভিতরে অসম প্রসারণ হইলে একটি বলের উদ্ভব হয়। তাহাতে পাত্রটি ফাটিয়া যায়। পাত্র পাতলা হইলে ফাটিবার সম্ভাবনা কম।

(iv) দৈর্ঘ্য মাপিবার জন্য ধাতুনির্মিত স্কেল ব্যবহার করিলে প্রসারণজনিত ত্রুটির প্রতি লক্ষ্য রাখিতে হয়। যে তাপমাত্রায় স্কেল তৈয়ারী হয় শুধু সেই

তাপমাত্রাতেই ইহা ত্রুটিহীন। তাপ বৃদ্ধি বা হ্রাস পাইলে প্রত্যেক দাগের প্রসারণ বা সংকোচন হয়। ফলে ঐ স্কেল দ্বারা দৈর্ঘ্য নির্ভুলভাবে মাপা চলে না। কিন্তু দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণাঙ্ক জানা থাকিলে প্রয়োজনীয় সংশোধন করিয়া লওয়া চলে।

***প্রশ্ন ১৬। তরলের আপাত ও প্রকৃত প্রসারণ বলিতে কি বোঝ? উহাদের গুণাঙ্কের সংজ্ঞা কি? গুণাঙ্কদ্বয়ের সম্পর্ক নির্ণয় কর।**

[What do you mean by the apparent and real expansion of liquids? What are their definitions? Determine the relation between the two.]

উঃ। ১০নং প্রশ্নের উত্তর দেখ। তরলের প্রসারণ বুঝাইতে গিয়া বলা হইয়াছে যে গরম জলে ফ্লাস্ক A বসাইলে ফ্লাস্কের ভিতরকার জল প্রথমে O দাগ হইতে P দাগে নামিয়া আসে এবং অতঃপর O-দাগ ছাড়াইয়া Q-দাগ পর্যন্ত উঠিয়া যায়।

সুতরাং জলের আয়তন প্রসারণ প্রকৃতপক্ষে P-দাগ হইতে Q-দাগ পর্যন্ত এবং কাচের আয়তন প্রসারণ O হইতে P-দাগ পর্যন্ত হইল। যদিও কাচ তাপের সুপরিবাহী নহে তবুও ফ্লাস্কের ভিতরের জলের তাপ পাইতে বিশেষ দেরী হয় না। এবং কাচ অপেক্ষা জলের প্রসারণ অনেক বেশী হওয়ায় আমরা চোখে তরলের প্রসারণ O হইতে Q-দাগ পর্যন্ত দেখি যদিও প্রকৃতপক্ষে তরলের প্রসারণ হইল P হইতে Q-দাগ পর্যন্ত।

উপরোক্ত কারণে O হইতে Q-দাগ পর্যন্ত আয়তনকে বলা হয় তরলের আয়তনের আপাত (apparent) প্রসারণ এবং P হইতে Q-দাগ পর্যন্ত আয়তনকে বলা হয় তরলের আয়তনের প্রকৃত (real) প্রসারণ।

আপাত প্রসারণ গুণাঙ্ক: প্রতি 1°C তাপমাত্রা বৃদ্ধির জন্য নির্দিষ্ট পরিমাণ তরলের যে আপাত আয়তন প্রসারণ হয়, তাহার এবং তরলের প্রাথমিক আয়তনের অনুপাতকে তরলের আপাত প্রসারণ গুণাঙ্ক বলে। অর্থাৎ

$$\text{আপাত প্রসারণ গুণাঙ্ক} = \frac{\text{তরলের আয়তনের আপাত প্রসারণ}}{\text{প্রাথমিক আয়তন} \times \text{তাপমাত্রা বৃদ্ধি}}$$

প্রকৃত প্রসারণ গুণাঙ্ক ঃ প্রতি 1°C তাপমাত্রা বৃদ্ধির জন্য নির্দিষ্ট পরিমাণ তরলের যে প্রকৃত আয়তন প্রসারণ হয়, তাহার এবং তরলের প্রাথমিক আয়তনের অনুপাতকে ঐ তরলের প্রকৃত প্রসারণ গুণাঙ্ক বলে। অর্থাৎ

$$\text{প্রকৃত প্রসারণ গুণাঙ্ক} = \frac{\text{তরলের আয়তনের প্রকৃত প্রসারণ}}{\text{প্রাথমিক আয়তন} \times \text{তাপমাত্রা বৃদ্ধি}}$$

গুণাঙ্কদ্বয়ের সম্পর্ক ঃ

ধরা যাউক, ফ্লাস্ক ও নল সহ O-দাগ পর্যন্ত আয়তন V (34 নং চিত্র)। সুতরাং ঘরের তাপমাত্রায় ঐ দাগ পর্যন্ত জলের আয়তনও V. যদি তাপমাত্রা t°C বর্ধিত করা যায় এবং কাচনলটির প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল α ধরা যায় তবে,

$$\text{পাত্রের আয়তন প্রসারণ} = OP \times \alpha$$

$$\text{তরলের আয়তনের আপাত প্রসারণ} = OQ \times \alpha$$

$$\text{,, ,, প্রকৃত ,,} = PQ \times \alpha$$

সুতরাং,

$$\text{পাত্রের আয়তন প্রসারণ গুণাঙ্ক} (\gamma_g) = \frac{\text{পাত্রের আয়তন প্রসারণ}}{\text{প্রাথমিক আয়তন} \times \text{তাপমাত্রা বৃদ্ধি}}$$

$$= \frac{OP \times \alpha}{V \times t}$$

$$\text{তরলের আপাত প্রসারণ গুণাঙ্ক} (\gamma') = \frac{\text{তরলের আপাত প্রসারণ}}{\text{প্রাথমিক আয়তন} \times \text{তাপমাত্রা বৃদ্ধি}}$$

$$= \frac{OQ \times \alpha}{V \times t}$$

$$\text{তরলের প্রকৃত প্রসারণ গুণাঙ্ক} (\gamma) = \frac{\text{তরলের প্রকৃত প্রসারণ}}{\text{প্রাথমিক আয়তন} \times \text{তাপমাত্রা বৃদ্ধি}}$$

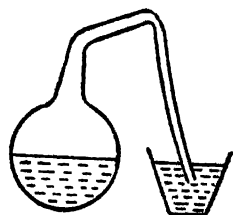
$$= \frac{PQ \times \alpha}{V \times t}$$

$$\text{এখন, } \gamma' + \gamma_g = \frac{\alpha}{Vt}(OP + OQ) = \frac{\alpha \times PQ}{Vt} = \gamma$$

অর্থাৎ আপাত প্রসারণ গুণাঙ্ক + পাত্রের আয়তন প্রসারণ গুণাঙ্ক = প্রকৃত প্রসারণ গুণাঙ্ক।

প্রশ্ন ১৭। ভার থার্মোমিটারের সাহায্যে তরলের আপাত প্রসারণ গুণাঙ্ক কিরূপে নির্ণয় করিবে ?

[How will you proceed to determine the co-efficient of apparent expansion of a liquid by a weight thermometer ?]

উঃ। সরু বাঁকান নল সহ ছোট গোলাকার কাচের কুণ্ডকে ভার থার্মোমিটার বলে (37নং চিত্র)। কুণ্ডটিকে পরিষ্কার ও শুষ্ক করিয়া প্রথমে খালি অবস্থায় উহার ওজন নির্ণয় কর। অতঃপর যে তরলের গুণাঙ্ক নির্ণয় করিতে হইবে তাহা দ্বারা কুণ্ডটিকে পরিপূর্ণ করিতে হইবে। কুণ্ডটির নল খুব সরু বলিয়া তরলকে সাধারণ উপায়ে কুণ্ডে প্রবেশ করানো যাইবে না। এইজন্য নিম্নলিখিত উপায় অবলম্বন করিতে হইবে। একটি পাত্রে তরল লইয়া কুণ্ডের বাঁকান নলের মুখ তরলে প্রবেশ করাও। অতঃপর কুণ্ডটিকে গরম কর। কুণ্ডের ভিতরস্থ বায়ু উত্তাপ পাইয়া প্রসারিত হইবে এবং তরলের ভিতর বুদ্‌বুদ্‌ কাটিয়া বাহির হইয়া যাইবে। এইবার কুণ্ডটি ঠাণ্ডা করিলে কিছু তরল কুণ্ডে প্রবেশ করিবে। এইরূপ কয়েকবার কুণ্ডকে গরম ও ঠাণ্ডা করিলে কুণ্ডটি তরল দ্বারা পূর্ণ হইবে। অতঃপর বাঁকান নলটি তরলে ডুবাইয়া রাখিয়া কুণ্ডটি একটি জলপূর্ণ পাত্রে ডুবাইয়া রাখ। যখন কুণ্ড এবং অভ্যন্তরস্থ তরল জলের তাপমাত্রা পাইবে তখন উহাকে মুছিয়া শুষ্ক কর এবং ওজন লও। এই দুই ওজনের বিয়োগফল তরলের ওজনের সমান। জলের তাপমাত্রা দেখিয়া রাখ। পুনরায় কুণ্ডটিকে জলপূর্ণ পাত্রে ডুবাইয়া জলকে গরম কর। উত্তাপে কুণ্ডের ভিতরস্থ তরল প্রসারিত হইবে এবং অল্প অল্প করিয়া বাহির হইয়া আসিবে। জলকে একটি ঊর্ধ্ব তাপমাত্রায় বেশ কিছুক্ষণ স্থির রাখ। যখন কুণ্ড হইতে তরল আর বাহির হইবে না তখন উহাকে জল হইতে বাহির করিয়া আন এবং গা মুছিয়া ফেল। যখন কুণ্ডটি ঠাণ্ডা হইয়া পুনরায় প্রাথমিক তাপমাত্রায়

চিত্র নং 37

ফিরিয়া আসিবে তখন উহার ওজন নির্ণয় কর। দ্বিতীয় ওজন হইতে তৃতীয় ওজন বিয়োগ করিলে কতখানি তরল বহিষ্কৃত হইল-তাহা পাওয়া যাইবে।

ধর, খালি থার্মোমিটারের ওজন $= W$ gms.

প্রাথমিক তাপমাত্রায় তরলপূর্ণ থার্মোমিটারের ওজন $= W_1$ gms.

চূড়ান্ত „ „ „ „ $= W_2$ „

প্রাথমিক তাপমাত্রা $= t_1°C$

চূড়ান্ত „ $= t_2°C$

∴ $t_1°C$ তাপমাত্রায় থার্মোমিটারপূর্ণ তরলের ওজন $= W_1 - W$

$= m_1$ gms. (ধর)

$t_2°C$ „ „ „ „ $= W_2 - W$

$= m_2$ gms. (ধর)

কাচের প্রসারণকে না ধরিলে বলা যাইতে পারে যে $t_1°C$ তাপমাত্রায় m_1 gms. তরলের আয়তন ও $t_2°C$ তাপমাত্রায় m_2 gms. তরলের আয়তন সমান। যদি $t_1°C$ তাপমাত্রায় তরলের ঘনত্ব 'd' হয় তবে,

$t_1°C$ তাপমাত্রায় m_1 gms. তরলের আয়তন $= \frac{m_1}{d}$

এবং $t_1°C$ „ m_2 gms. „ „ $= \frac{m_2}{d}$

কাজেই আমরা মনে করিতে পারি যে $t_2°C$ তাপমাত্রায় $\frac{m_2}{d}$ আয়তন তাপমাত্রায় $\frac{m_1}{d}$ আয়তনে দাঁড়াইল।

সুতরাং উক্ত তাপমাত্রা ভেদে আয়তনের আপাত প্রসারণ $= \frac{m_1}{d} - \frac{m_2}{d}$

কাজেই, তরলের আপাত প্রসারণ গুণাঙ্ক $= \dfrac{\frac{m_1}{d} - \frac{m_2}{m}}{\frac{m_2}{d}(t_2 - t_1)} = \dfrac{m_1 - m_2}{m_2(t_2 - t_1)}$

অর্থাৎ $\gamma' = \dfrac{\text{বহিষ্কৃত তরলের ভর}}{t_2°\text{C-এ অবশিষ্ট তরলের ভর} \times \text{তাপমাত্রা বৃদ্ধি}}$

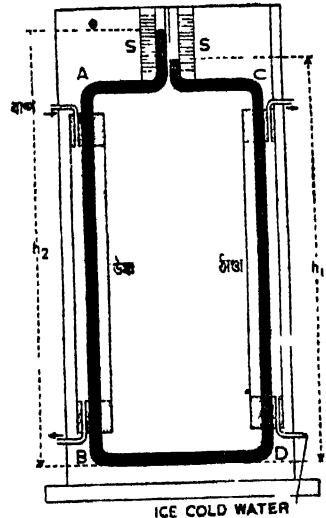
প্রশ্ন ১৮। পারদের প্রকৃত প্রসারণ গুণাঙ্ক নির্ণয় করিবার জন্য Dulong এবং Petit-এর পদ্ধতি বর্ণনা কর।

[Describe Dulong and Petit's method of determining the co-efficient of real expansion of mercury.]

উঃ। Dulong এবং Petit-এর পদ্ধতির সাহায্যে পারদের প্রকৃত প্রসারণ গুণাঙ্ক প্রত্যক্ষভাবে নির্ণয় করা যায়। 38নং চিত্রে যথোপযুক্ত ব্যবস্থা প্রদর্শিত হইল।

একটি U-নলের AB ও CD দুই বাহু দুইটি চোঙ দ্বারা ঘেরা। নলটির উপরাংশের দুই বাহু খানিকটা অনুভূমিক থাকিয়া পরস্পরের কাছে সরিয়া আসিয়া পুনরায় খাড়া হইয়া গিয়াছে। ঐ স্থানে দুইটি স্কেল S, S, আটকানো আছে। U-নলে পারদ ঢালা হইলে দুই বাহুতে পারদ একই উচ্চতায় উঠিবে। একটি চোঙের মধ্য দিয়া বরফজল এবং অন্যটির মধ্য দিয়া স্টীম প্রবেশ করানো হইতে লাগিল। ইহাতে AB বাহুর পারদ 100°C এবং CD বাহুর পারদ 0°C তাপমাত্রা পাইবে। এই তাপমাত্রা ভেদের জন্য দুই বাহুর পারদের ঘনত্ব বিভিন্ন

চিত্র নং 38

হইবে। সুতরাং দুই বাহুতে তরলের উচ্চতারও প্রভেদ হইবে। এক বাহু হইতে অন্য বাহুতে তাপ চলাচল বন্ধ করার জন্য BD বাহু ভিজা ব্লটিং কাগজ দিয়া ঢাকিয়া রাখা হয়। ধর, BD অনুভূমিক রেখা হইতে উষ্ণ বাহুতে পারদের উচ্চতা h_2 এবং ঠাণ্ডা বাহুতে পারদের উচ্চতা h_1. ইহাদের ঘনত্ব যথাক্রমে d_2 এবং d_1.

যেহেতু উভয় বাহুর তরলের তাপ সমান, অতএব,

$$h_1 d_1 g = h_2 d_2 g$$

$$\text{or} \quad \frac{h_1}{h_2} = \frac{d_2}{d_1}$$

$$\text{কিন্তু} \quad d_1 = d_2\ (1 + \gamma.100)$$

$$\therefore \quad \frac{h_1}{h_2} = \frac{d_2}{d_2(1+\gamma\ 100)}$$

অথবা, $h_1\ (1+\gamma.100) = h_2$

$$\therefore \quad \gamma = \frac{h_2 - h_1}{h_2 \times 100} = \frac{\text{তরলস্তম্ভদ্বয়ের উচ্চতার প্রভেদ}}{\text{ঠাণ্ডা তরলস্তম্ভের উচ্চতা} \times \text{তাপমাত্রাভেদ}}$$

প্রশ্ন ১৯। জলের ব্যতিক্রান্ত প্রসারণ বলিতে কি বোঝ? পরীক্ষামূলকভাবে ইহা কিরূপে প্রদর্শন করাইবে?

[What do you understand by anomalous expansion of water? How would you demonstrate it experimentally?]

[H. S. (Comp.), 1962, '66]

উঃ। নির্দিষ্ট পরিমাণ কোন তরলের তাপমাত্রা বৃদ্ধি করিলে সাধারণতঃ উহার আয়তন বৃদ্ধি পায়, কাজেই ঘনত্ব কমিয়া যায়। আবার তাপমাত্রা হ্রাস করিলে আয়তন কমিয়া যায় এবং ঘনত্ব বৃদ্ধি পায়। ইহাই সাধারণ নিয়ম। কিন্তু জলের বেলাতে ইহার ব্যতিক্রম দেখিতে পাওয়া যায়। কিছু পরিমাণ জল লইয়া উহার তাপমাত্রা 0°C হইতে 4°C পর্যন্ত বৃদ্ধি করিলে দেখা যায় যে উহার আয়তন হ্রাস পাইতেছে—অর্থাৎ ঘনত্ব বাড়িতেছে। 4°C ছাড়াইয়া গেলে আবার অন্যান্য তরলের ন্যায় জলেরও আয়তন বাড়ে বা ঘনত্ব কমিয়া যায়। সুতরাং 0°C হইতে 4°C পর্যন্ত জলের প্রসারণ অন্যান্য তরল অপেক্ষা ভিন্ন। ইহাকেই জলের ব্যতিক্রান্ত প্রসারণ বলে।

জলের ব্যতিক্রান্ত প্রসারণ প্রদর্শন করাইবার জন্য যে যন্ত্রের প্রয়োজন তাহাকে নির্দিষ্ট আয়তন ডিলাটোমিটার (Constant volume dilatometer) বলে। ইহা আর কিছুই নয়—একটি কাচের কুণ্ড এবং তৎসহ একটি 20 কি

30 cm. লম্বা সমব্যাসযুক্ত সরু নল। নলটির গায়ে আয়তন নির্দেশক দাগ কাটা আছে (39নং চিত্র)। কুণ্ডের নিজের আভ্যন্তরীণ আয়তনের সাত ভাগের এক ভাগ পারদ দ্বারা পূর্ণ থাকে। বাকী অংশ এবং নলের কিছুটা পর্যন্ত জলপূর্ণ করা হয়। পারদের প্রসারণ কাচের আয়তন প্রসারণের সাতগুণ হওয়ায়, তাপমাত্রা পরিবর্তনে পাত্রের আভ্যন্তরীণ আয়তনের বিশেষ কোন পরিবর্তন হয় না। ফলে, জলের যদি কোন প্রসারণ হয় তবে তাহা প্রকৃত প্রসারণ হইবে—আপাত প্রসারণ হইবে না। এইবার কুণ্ডটি বরফজলে খানিকক্ষণ ডুবাইয়া রাখিলে উহার ভিতরে জলের তাপমাত্রা 0°C হইবে। এই সময়ে নলের জল কত দাগ পর্যন্ত আছে তাহা দেখিয়া রাখিতে হইবে। অতঃপর কুণ্ডের বাহিরের জলের তাপমাত্রা ধীরে ধীরে বাড়াইতে থাকিলে দেখা যাইবে যে নলের মধ্যে জলের উচ্চতা না বাড়িয়া প্রথমে কমিয়া আসিতেছে। 0°C হইতে 4°C পর্যন্ত জল এইরূপ নীচে নামিতে থাকে, পরে উপরে ওঠে। সুতরাং ইহা পরীক্ষামূলকভাবে প্রমাণ করে যে 0°C হইতে 4°C পর্যন্ত জলের আয়তন হ্রাস পায়—অর্থাৎ অন্যান্য তরল অপেক্ষা জলের প্রসারণের ব্যতিক্রম ঘটে।

চিত্র নং 39

প্রশ্ন ২০। জলের ব্যতিক্রান্ত প্রসারণ কিরূপে প্রদর্শন করাইবে? জলজ প্রাণীর উপরে ব্যতিক্রান্ত প্রসারণের ফলাফল কি?

[How would you demonstrate anomalous expansion of water? What is the consequence of anomalous expansion on marine life?] [**H. S. Exam, 1966**]

উঃ। প্রথমাংশ: ১৯নং প্রশ্ন দেখ।

শেষাংশ: জলের ব্যতিক্রান্ত প্রসারণের ফলে শীতের দেশে খুব ঠাণ্ডার দিনেও জলচর প্রাণী বাঁচিয়া থাকে। শীতের দিনে প্রথমে জলের উপরিভাগ ঠাণ্ডা হাওয়ার সংস্পর্শে ক্রমশঃ শীতল হইয়া ভারী হইবে এবং তলায় চলিয়া যাইবে। তলার অপেক্ষাকৃত গরম জল উপরের দিকে আসিবে। কাজেই

তলার জল ক্রমশঃ ঠাণ্ডা হইবে। কিন্তু যেই তলার জলের তাপমাত্রা 4°C হইল তখন আর জল তলার দিকে যাইবে না। কারণ উপরের জলের তাপমাত্রা 4°C-এর কম হইলে হাল্কা হইবে এবং উপরেই থাকিবে। কাজেই উপরের জল ক্রমশ ঠাণ্ডা হইয়া বরফে পরিণত হইবে কিন্তু তলার জল 4°C এ উষ্ণ থাকিবে। জলের ব্যতিক্রান্ত প্রসারণ না হইলে বরফ জল অপেক্ষা ভারী হইত এবং বরফ নীচে ডুবিয়া যাইত। এক্ষেত্রে জলাশয়ের সব জল জমিয়া বরফে পরিণত হইত। কিন্তু প্রাকৃতিক নিয়ম এমনই যে তাহা হইতে পারে না। সেজন্য প্রচণ্ড শীতের দিনেও যখন পুকুর বা নদীর উপরিভাগ জমিয়া বরফে পরিণত হয় তখন নীচের জল 4°C তাপমাত্রায় উষ্ণ থাকে। এই কারণে মাছ বা অন্যান্য জলজ প্রাণী শীতের দিনেও বাঁচিয়া থাকে।

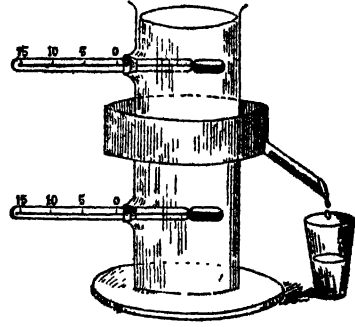
প্রশ্ন ২১। "4°C তাপমাত্রায় জলের ঘনত্ব সর্বোচ্চ"—এই উক্তিতে কি বুঝায়? পরীক্ষা দ্বারা কিরূপে ইহা প্রমাণ করিবে?

["Water is said to have its maximum density at 4°C—what does this statement mean? How would you prove it experimentally?] **[H. S. (Comp.), 1962]**

উঃ। নির্দিষ্ট পরিমাণ জলের তাপমাত্রা 0°C হইতে 4°C পর্যন্ত বৃদ্ধি করিলে উহার আয়তন হ্রাস পায়—অর্থাৎ ঘনত্ব বৃদ্ধি পায়। 4°C ছাড়াইয়া গেলে আয়তন বৃদ্ধি পায় এবং ঘনত্ব কমিয়া যায়। তেমনি, উচ্চ তাপমাত্রা হইতে ক্রমশঃ তাপমাত্রা কমাইলে ঐ জলের আয়তন হ্রাস পাইবে অথবা ঘনত্ব বৃদ্ধি পাইবে কিন্তু যেই 4°C ছাড়াইয়া নীচের দিকে যাইবে তখন আর ঘনত্ব বৃদ্ধি পাইবে না। অর্থাৎ 4°C তাপমাত্রাতেই জলের ঘনত্ব সর্বাপেক্ষা বেশী। এই উক্তিটির ইহাই অর্থ।

এই উক্তির সত্যতা পরীক্ষাদ্বারা প্রমাণিত করিবার জন্য হোপের (Hope's) পরীক্ষা ব্যবস্থা অবলম্বন করিতে হইবে। 40নং চিত্রে এই ব্যবস্থা দেখানো হইল।

একটি কাচের লম্বা চোঙের উপরে এবং নীচে দুইটি থার্মোমিটার ঢুকানো

আছে। থার্মোমিটার দুইটির মাঝে এবং চোঙটির মধ্যস্থল ঘিরিয়া একটি পাত্র আছে। এই পাত্রে বরফ ও লবণ মিশ্রিত করিয়া 'হিমমিশ্রণ (freezing mixture) রাখা হয়। হিমমিশ্রণের তাপমাত্রা −17°C. হিমমিশ্রণের বরফ-গলা জল বাহির হইবার জন্য একটি নালীপথ আছে। এইবার চোঙটি জলপূর্ণ কর। প্রথমে দুই থার্মোমিটার একই তাপমাত্রা প্রদর্শন করিবে। কিন্তু ক্রমশঃ দেখা যাইবে যে নীচের থার্মোমিটারের তাপমাত্রা কমিতেছে কিন্তু উপরের থার্মোমিটারের কোন পরিবর্তন নাই। ইহার কারণ এই যে হিমমিশ্রণের সংলগ্ন জল ঠাণ্ডা হওয়ায় আয়তনে সংকুচিত হইতেছে এবং ঘনত্ব বাড়িতেছে। ভারী ঠাণ্ডা জল নীচে নামিবে এবং নীচ হইতে অপেক্ষাকৃত গরম জল উপরে উঠিবে। কিন্তু এই জল হিমমিশ্রণের কাছাকাছি আসিয়া পুনরায় ঠাণ্ডা হইবে এবং নীচে নামিবে। সুতরাং উপরের থার্মোমিটারে কোন পরিবর্তন দেখা যাইবে না।

চিত্র নং 40

নীচের থার্মোমিটারের তাপমাত্রা কমিতে কমিতে যেই 4°C হইল তখন দেখা যাইবে যে উহার আর কোন পরিবর্তন হইতেছে না—বরং উপরের থার্মোমিটারের তাপমাত্রা আস্তে আস্তে কমিতেছে। ইহা কি প্রমাণ করে? ইহা প্রমাণ করে যে জলের তাপমাত্রা 4°C-এর নীচে গেলে জলের ঘনত্ব বাড়িতেছে না—বরং কমিতেছে—কারণ হালকা হওয়ায় উপরের দিকে উঠিতেছে। সুতরাং এই পরীক্ষা হইতে নিঃসন্দেহে প্রমাণিত হয় যে 4°C তাপমাত্রায় জলের ঘনত্ব সর্বাপেক্ষা বেশী।

****প্রশ্ন ২২। তাপমাত্রা ও চাপের পরিবর্তনে নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের আয়তন পরিবর্তন সম্পর্কিত সূত্রগুলি বর্ণনা কর। তাপমাত্রার চরম স্কেল কাহাকে বলে?**

[State the laws in connection with the change of volume of a certain quantity of gas with the change of temperature and pressure. What is 'absolute scale of temperature'?]

উঃ। তাপমাত্রা অপরিবর্তিত রাখিয়া চাপের পরিবর্তনে গ্যাসের আয়তন পরিবর্তনের সূত্রকে বয়েলের সূত্র (Boyle's law) বলে। সূত্রটি নিম্নরূপ :

তাপমাত্রা অপরিবর্তিত রাখিলে নির্দিষ্ট ভরের যে-কোন গ্যাসের আয়তন চাপের ব্যস্তানুপাতিক হয়। অর্থাৎ নির্দিষ্ট ভরের কোন গ্যাসের আয়তন V হইলে এবং উহার চাপ P হইলে উপরোক্ত সূত্রানুযায়ী

$P \propto \frac{1}{V}$ যদি গ্যাসের তাপমাত্রার কোন পরিবর্তন না হয়।

চাপ অপরিবর্তিত রাখিয়া তাপমাত্রা পরিবর্তনে গ্যাসের আয়তন পরিবর্তন সূত্রকে চার্লসের সূত্র বলে। সূত্রটি নিম্নরূপ :

চাপ অপরিবর্তিত থাকিলে নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের আয়তন প্রতি ডিগ্রী সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রা বৃদ্ধি বা হ্রাসের জন্য উক্ত গ্যাসের 0°C তাপমাত্রায় যে আয়তন হয়, তাহার নির্দিষ্ট ভগ্নাংশ ($\frac{1}{273}$) দ্বারা যথাক্রমে বৃদ্ধি বা হ্রাস পায়।

ধরা যাউক, 0°C তাপমাত্রায় কিছু পরিমাণ গ্যাসের আয়তন V_0; সুতরাং উপরোক্ত সূত্রানুযায়ী,

$$1^\circ C \text{ তাপমাত্রায় আয়তন} = V_0 + V_0\frac{1}{273}$$

$$2^\circ C \quad ,, \quad ,, \quad = V_0 + V_0\frac{2}{273}$$

$$t^\circ C \quad ,, \quad ,, \quad = V_0 + V_0\frac{t}{273}$$

$t^\circ C$ তাপমাত্রায় গ্যাসের আয়তনকে V ধরা হইলে $V = V_0\left(1 + \frac{t}{273}\right)$;

তেমনি, যদি তাপমাত্রা বৃদ্ধি না করিয়া হ্রাস করা হয়, তবে $t^\circ C$ তাপমাত্রা হ্রাসে গ্যাসের আয়তন $V = V_0\left(1 - \frac{t}{273}\right)$.

তাপমাত্রার চরম স্কেল ঃ

চার্লসের সূত্র হইতে আমরা জানিতে পারি যে $t°C$ তাপমাত্রা হ্রাসে কিছু পরিমাণ গ্যাসের আয়তন $V=V_0\left(1-\frac{t}{273}\right)$.

যদি তাপমাত্রা 0°C হইতে 273° হ্রাস করা যায় অর্থাৎ তাপমাত্রা −273° হয় তবে উক্ত আয়তন $V=V_0\left(1-\frac{273}{273}\right)=0$

অর্থাৎ উক্ত তাপমাত্রায় গ্যাসের আয়তন শূন্য হইবে। ইহা একটি সম্পূর্ণ অবাস্তব ব্যাপার। ইহা শুধু গণিতের নিয়মেই সম্ভব। এই কারণে −273°C তাপমাত্রাকে সর্বনিম্ন তাপমাত্রা বলিয়া কল্পনা করা হয় এবং ইহাকে চরম শূন্য (Absolute zero) তাপমাত্রা বলা হয়। এই অনুযায়ী তাপমাত্রায় যে স্কেল হয় তাহাকে চরম স্কেল বলা হয়। ইহা স্পষ্ট বোঝা যায় যে কোন তাপমাত্রা সেন্টিগ্রেড স্কেলে $t°$ হইলে চরম-স্কেলে উহা $t+273$ হইবে।

প্রশ্ন ২৩। কোন গ্যাসের ক্ষেত্রে PV=RT এই সমীকরণটি প্রতিষ্ঠা কর।

[Establsh the equation PV=RT for a gas.]

উঃ। যদি নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের তাপমাত্রা $t°C$ হয় এবং উহার আয়তন ও চাপ যথাক্রমে V ও P হয়, তবে বয়েলের সূত্র হইতে আমরা জানি,

$V \propto \frac{1}{P}$ যদি তাপমাত্রা অপরিবর্তিত থাকে।

যদি 0°C তাপমাত্রায় উক্ত গ্যাসের আয়তন V_0 হয় তবে চার্লসের সূত্র হইতে আমরা জানি, $V=V_0\left(1+\frac{t}{273}\right)$

$$=V_0\left(\frac{273+t}{273}\right)$$

$$=V_0\frac{T}{273}$$ [$t°C$এর আনুষঙ্গিক T° চরম তাপমাত্রা]

সুতরাং $V \propto T$ যদি চাপ অপরিবর্তিত থাকে।

যদি চাপ এবং তাপমাত্রা উভয়ই পরিবর্তিত হয় তবে উপরোক্ত দুই সূত্র হইতে লেখা যাইতে পারে $V \propto \frac{T}{P}$

অথবা $PV \propto T$ অথবা $PV = RT$ [R=ধ্রুবক]

ধ্রুবক 'R'-কে গ্যাস ধ্রুবক (Gas constant) বলা হয়।

প্রশ্ন ২৪। গ্যাসের প্রসারণ গুণাঙ্ক কয় প্রকার? উহাদের সংজ্ঞা কি? উহাদের ভিতর পারস্পরিক সম্পর্ক নির্ণয় কর।

[What are the different co-efficients of expansion of a gas? What are their definitions? What is the relation between them?] [cf. H. S (Comp.), 1964, '66]

কঠিন ও তরল পদার্থ অপেক্ষা গ্যাসের প্রসারণশীলতা বা সংনমনশীলতা অনেক বেশী। ফলে, নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের তাপমাত্রাবৃদ্ধি বা হ্রাস করিলে ব্যবস্থা অনুযায়ী উহার আয়তনের বৃদ্ধি বা হ্রাস হইতে পারে কিংবা চাপের বৃদ্ধি বা হ্রাস হইতে পারে। এই কারণে গ্যাসের প্রসারণ গুণাঙ্ক দুই প্রকার ধরা হয়। (1) চাপ স্থির রাখিয়া তাপমাত্রার হ্রাস-বৃদ্ধিতে আয়তনের যে হ্রাস-বৃদ্ধি হয় তাহার দরুন একটি গুণাঙ্ক যাহাকে বলা হয় আয়তন গুণাঙ্ক এবং (2) আয়তন স্থির রাখিয়া তাপমাত্রার হ্রাস বৃদ্ধিতে চাপের যে হ্রাস-বৃদ্ধি হয় তাহার দরুন একটি গুণাঙ্ক যাহাকে বলা হয় চাপ-গুণাঙ্ক।

(1) **আয়তন গুণাঙ্ক :**

চাপ স্থির রাখিয়া কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের তাপমাত্রা 0°C হইতে 1°C বৃদ্ধি করিলে উহার প্রতি একক আয়তনে যে আয়তন বৃদ্ধি হইবে উহাকে আয়তন গুণাঙ্ক বলে। এই গুণাঙ্ক সকল গ্যাসের বেলাতেই সমান।

মনে কর, 0°C এবং t°C তাপমাত্রায় কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের আয়তন যথাক্রমে V_0 এবং V_t. এক্ষেত্রে তাপমাত্রাবৃদ্ধি $= t$°C এবং আয়তন-বৃদ্ধি$=V_t - V_0$, সুতরাং 1°C তাপমাত্রা বৃদ্ধির জন্য আয়তনবৃদ্ধি$= \frac{V_t - V_0}{t}$

এবং প্রতি একক আয়তনে আয়তনবৃদ্ধি $= \frac{V_t - V_0}{V_0 t}$

$$\text{আয়তন গুণাঙ্ক } (\gamma_p) = \frac{V_t - V_0}{V_0 t}$$

(2) চাপ-গুণাঙ্ক :

আয়তন স্থির রাখিয়া কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের তাপমাত্রা, 0°C হইতে 1°C বৃদ্ধি করিলে উহার প্রতি একক চাপে যে চাপবৃদ্ধি হইবে তাহাকে চাপ-গুণাঙ্ক বলে।

পূর্বের মত মনে কর, 0°C এবং t°C তাপমাত্রায় কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের চাপ যথাক্রমে P_0 এবং P_t.

এক্ষেত্রে তাপমাত্রাবৃদ্ধি $= t$°C এবং চাপবৃদ্ধি $= P_t - P_0$.

সুতবাং 1°C তাপমাত্রাবৃদ্ধির জন্য চাপবৃদ্ধি $= \dfrac{P_t - P_0}{t}$

এবং প্রতি একক চাপে চাপবৃদ্ধি $= \dfrac{P_t - P_0}{P_0 . t}$

$\therefore$ চাপ-গুণাঙ্ক $(\gamma_v) = \dfrac{P_t - P_0}{P_0 . t}$.

গুণাঙ্কদ্বয়ের সম্পর্ক :

মনে কর, চাপ স্থির রাখিয়া কিছু পরিমাণ গ্যাসের তাপমাত্রা 0°C হইতে t°C বৃদ্ধি করিলে উহার আয়তন V_0 হইতে V_t হয়। আমরা আয়তন গুণাঙ্ক হইতে লিখিতে পারি, $\gamma_p = \dfrac{V_t - V_0}{V_0 . t}$

$$\text{অথবা } V_t = V_0 + V_0 \gamma_p t$$
$$= V_0 (1 + \gamma_p . t) \cdots \text{(i)}$$

এখন মনে কর তাপমাত্রা t°C-এ স্থির রাখিয়া গ্যাসের চাপ P_0 হইতে বাড়াইতে বাড়াইতে এমন (ধর, P_t) করা হইলে যে গ্যাসের আয়তন V_t হইতে কমিতে কমিতে পূর্বের V_0 আয়তন হইল। এক্ষেত্রে বয়েলের সূত্র প্রয়োগ করিয়া লেখা যাইতে পারে যে

$$P_0 V_t = P_t . V_0 \cdots \text{(ii)}$$

এই দুই সমীকরণ হইতে আমরা পাই, $P_0 V_0 (1 + \gamma_p t) = P_t . V_0$

$$\text{অথবা, } P_t = P_0 (1 + \gamma_p . t) \cdots \text{(iii)}$$

কিন্তু যদি মনে করা যায় যে গ্যাসের আয়তন V_0 স্থির রাখিয়া উহার তাপমাত্রা $0°C$ হইতে $t°C$ বৃদ্ধি করা হইল, তবে, চাপ-গুণাঙ্ক হইতে আমরা পাই $\gamma_v = \frac{P_t - P_o}{P_o . t}$

$$\text{অথবা } Pt = P_0 + P_o\gamma_v.t$$
$$= P_o(1 + \gamma_v t) \cdots (iv)$$

(iii) এবং (iv) নং সমীকরণদ্বয় সমন্বয় করিলে লেখা যায় $\gamma_v = \gamma_p$ অর্থাৎ যে-কোন গ্যাসের দুই গুণাঙ্ক সমান।

1. দার্জিলিং-এ কোন এক শীতের দিনে সর্বনিম্ন তাপমাত্রা 30° ফারেনহাইট। সেন্টিগ্রেডে ঐ তাপমাত্রা কত ?

[On a certain day in winter, the minimum temperature in Darjeeling was 30° Fahrenheit. What was it on Centigrade scale ?]

উঃ। আমরা জানি, $\frac{C}{5} = \frac{F - 32}{9}$

এক্ষেত্রে, $F = 30°$; কাজেই, $\frac{C}{5} = \frac{30 - 32}{9} = -\frac{2}{9}$

$$\therefore \quad C = -\frac{10}{9} = -1 \cdot 11°$$

যে তাপমাত্রা ফারেনহাইট ও সেন্টিগ্রেড স্কেলে একই সংখ্যা দ্বারা প্রকাশিত হইবে তাহা নির্ণয় কর।

[Find the temperature which will be expressed by the same number both on the Fahrenheit and Centigrade scales.]

[H. S. Exam., 1960]

উঃ। আমরা জানি, $\frac{C}{5} = \frac{F - 32}{9}$

ধর, নির্ণেয় তাপমাত্রা $x°$; এক্ষেত্রে $C = F = x$

$$\therefore \quad \frac{x}{5} = \frac{x - 32}{9}$$

বা, $9x=5x-160$

বা, $4x=-160$

$\therefore \quad x=-40^\circ$

3. একটি ত্রুটিপূর্ণ থার্মোমিটার বরফে রাখিলে 5°C এবং স্বাভাবিক চাপে শুষ্ক স্টীমে রাখিলে 99°C পাঠ দেয়। ঐ থার্মোমিটারে যখন 52°C পাঠ পাওয়া যায় তখন সঠিক পাঠ কত ?

[A faulty thermometer reads 5°C in melting ice and 99°C in dry steam at normal pressure. Find the correct temperature when the thermometer reads 52°C.]

উঃ। বরফের সঠিক তাপমাত্রা 0°C এবং শুষ্ক স্টীমের সঠিক তাপমাত্রা 100°C; মনে কর ত্রুটিপূর্ণ থার্মোমিটারে যখন 52°C পাঠ পাওয়া গেল তখন সঠিক পাঠ x°.

$$\text{অতএব, } \frac{x}{100}=\frac{52-5}{99-5}=\frac{47}{94}=\frac{1}{2}$$

$$\therefore \quad x=50^\circ\text{C.}$$

4. একটি থার্মোমিটারে নিম্নস্থিরাঙ্ক এবং ঊর্ধ্বস্থিরাঙ্ক যথাক্রমে 20 এবং 140 দাগ কাটা আছে। যখন তাপমাত্রা 92°F তখন ঐ থার্মোমিটারে কত পাওয়া যাইবে ?

[If the lower fixed point and upper fixed point of a thermometer are marked 20 and 140 respectively, what reading would this thermometer indicate for a temperature of 92°F ?]

[H. S. Exam., 1962]

উঃ। এই থার্মোমিটারে নিম্ন ও ঊর্ধ্বস্থিরাঙ্কদ্বয়ের মধ্যে মোট ভাগ $=140-20=120$ এবং উহার শূন্য দাগ নিম্নস্থিরাঙ্কের 20 ঘর নীচে।

ফারেনহাইট থার্মোমিটারে নিম্ন এবং ঊর্ধ্বস্থিরাঙ্কদ্বয়ের মধ্যে মোট ভাগ $=212-32=180$ এবং উহার শূন্য দাগ নিম্নস্থিরাঙ্কের 32 ঘর নীচে।

অতএব, ঐ অজ্ঞাত স্কেলের থার্মোমিটার যদি x° ডিগ্রী পাঠ দেয়, তবে আমরা লিখিতে পারি,

$$\frac{x-20}{120}=\frac{F-32}{180}$$

এক্ষেত্রে, F = 92° ; কাজেই,

$$\frac{x-20}{120}=\frac{92-32}{180}=\frac{60}{180}=\frac{1}{3}$$

বা, $x-20=40$

$\therefore \quad x=60°$

5. একটি থার্মোমিটার (A)-এর প্রাথমিক অন্তর 45টি সমান ঘর এবং অপর একটি (B)-র প্রাথমিক অন্তর 100টি সমান ঘরে বিভক্ত। A-থার্মোমিটারের নিম্নস্থিরাঙ্ক — 2 এবং B-এর নিম্নস্থিরাঙ্ক 50 ; কোন তাপমাত্রায় B-এর পাঠ 110 হইলে A-এর পাঠ কত হইবে ?

[A thermometer A has got its F. I. divided into 45 equal parts and another B into 100. If the lower fixed point of A is marked −2 and that of B 50, what is the temperature by A when it is 110 by B ?]

উঃ। ধর, নির্ণেয় তাপমাত্রা x. এক্ষেত্রে আমরা লিখিতে পারি

$$\frac{x-(-2)}{45}=\frac{110-50}{100}=\frac{60}{100}=\frac{3}{5}$$

or, $x+2=27$

$\therefore \quad x=25°$

6. কোন্ তাপমাত্রায় ফারেনহাইট স্কেল পাঠ সেন্টিগ্রেড স্কেল পাঠের পাঁচগুণ হইবে ?

[At what temperature will the reading on the Fahrenheit scale be five times that on Centigrade scale ?]

[H. S. (Comp.), 1963]

উঃ। আমরা জানি, $\frac{C}{5}=\frac{F-32}{9}$

প্রশ্নানুযায়ী F = 5C ; কাজেই, $\frac{C}{5}=\frac{5C-32}{9}$

বা, $9C=25C-160$

বা, $16C=160 \quad \therefore \quad C=10°$ এবং $F=50°$.

7. একটি বস্তুর তাপমাত্রা 25°C বৃদ্ধি পাইল। ফারেনহাইট ডিগ্রীতে ঐ বৃদ্ধি কত হইবে ?

[The temperature of a body rises by 25°C. How much is this increase in degrees Fahrenheit ?] [H. S. Exam., 1964]

উঃ। নিম্নস্থিরাঙ্ক হইতে ঊর্ধ্বস্থিরাঙ্ক পর্যন্ত সেন্টিগ্রেড স্কেলে তাপমাত্রার ব্যবধান 100° এবং ফারেনহাইট স্কেলে ব্যবধান = 180°

অর্থাৎ 100°C তাপমাত্রার ব্যবধান = 180°F তাপমাত্রার ব্যবধান

অথবা 1°C তাপমাত্রার ব্যবধান $= \frac{180°}{100}$ F " "

অতএব 25°C তাপমাত্রার ব্যবধান $= \frac{180 \times 25}{100} = 45°$F তাপমাত্রার ব্যবধান

অতএব, ফারেনহাইট স্কেলে ঐ বৃদ্ধি হইবে 45°.

. কোন একটি গামলার 'bath'-এর উত্তাপ সেন্টিগ্রেড এবং ফারেনহাইট থার্মোমিটারে মাপিয়া যে দুইটি পাঠ পাওয়া গেল তাহাদের অন্তরফল 48 হইল। সেন্টিগ্রেড ও ফারেনহাইট ডিগ্রীতে ঐ তাপমাত্রার মান কত?

[The difference in the readings of the temperature of a bath by a Fahrenheit thermometer and a centigrade thermometer is 48. What is the temperature in °C and °F ?]

[H. S. Exam., 1966]

উঃ। ধর, নির্দিষ্ট তাপমাত্রা ফারেনহাইটে F° এবং সেন্টিগ্রেডে C° হইবে।

প্রশ্নানুযায়ী, $F - C = 48$ অথবা $C - F = 48$

কিন্তু $\frac{C}{5} = \frac{F-32}{9}$ কাজেই $\frac{C}{5} = \frac{C \pm 48 - 32}{9}$

ধনাত্মক চিহ্ন হইলে, $\frac{C}{5} = \frac{C+16}{9}$

কাজেই $F = 48 + 20 = 68°$

ঋণাত্মক চিহ্ন হইলে, $\frac{C}{5} = \frac{C-80}{9}$ বা $C = -100°$

কাজেই $F = -100 - 48 = -148°$

9. 10°C তাপমাত্রায় কোন ধাতব দণ্ডের দৈর্ঘ্য 50 cm. এবং 100°C তাপমাত্রায় দৈর্ঘ্য 50·12 cm. ধাতুর দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণাঙ্ক নির্ণয় কর।

[The length of a metal rod is 50° cm. at 10°C and 50·12 cm. at 100°C. Find the average co-efficient of linear expansion of the metal.]

উ: । আমরা জানি, $l_t = l_1\{1+\alpha(t_2 - t_1)\}$

এস্থলে $l_t = 50·12$ cm. ; $l_1 = 50$ cm. ; $t_2 = 100°C$; $t_1 = 10°C$.

সুতরাং $50·12 = 50\{1+\alpha(100-10)\}$

অথবা $50·12 = 50\{1+90.\alpha\}$

$$·12 = 50 \times 90 \times \alpha$$

$$\therefore \quad \alpha = \frac{·12}{50 \times 90} = 2·6 \times 10^{-5}$$

10. একটি ধাতব দণ্ড 0°C তাপমাত্রায় ঠিক 1 meter লম্বা। কত তাপমাত্রায় উহার দৈর্ঘ্য 1 mm. বৃদ্ধি পাইবে ? ধাতুর $\alpha = ·00002$.

[A metal rod is 1 metre long at 0°C. At what temperature will its length increase by 1 mm. ? α for the metal = ·00002]

উ: । আমরা জানি, $l_t - l_o = l_o \alpha t$.

এস্থলে $l_t - l_o = 1$ mm. $= 0·1$ cm. ; $l_o = 1$ metre $= 100$ cm.

সুতরাং $0·1 = 100 \times ·00002 \times t$

$$= ·002 \times t$$

অথবা $t = \frac{0·1}{·002} = \frac{1}{·02} = 50°C.$

11. একটি দস্তার দণ্ডের তাপমাত্রা 59°F হইতে 100°C-এ বর্ধিত করিলে যদি দৈর্ঘ্য 5 mm. বৃদ্ধি পায় তবে 59°F-এ দৈর্ঘ্য কত ছিল ? দস্তার $\alpha = ·000029$ প্রতি ডিগ্রী সেন্টিগ্রেড।

[What must be the length of a zinc rod at 59°F, if its length is to increase by 5 mm. when the temperature is raised to 100°C ? α for zinc=000029 per °C.] [H. S. Exam., 1960]

উ: । আমরা জানি $\frac{C}{5} = \frac{F-32}{9} = \frac{59-32}{9} = \frac{27}{9} = 3$

$\therefore$ C=15° অর্থাৎ 59°F = 15°C

এখন, $\alpha = \frac{l_2 - l_1}{l_1(t_2 - t_1)}$

অথবা $\cdot 000029 = \frac{0\cdot 5}{l_1(100-15)} = \frac{0\cdot 5}{l_1 \times 85} = \frac{0\cdot 1}{l_1 \times 17}$

$$\therefore\ l_1 = \frac{0\cdot 1}{17 \times \cdot 000029} = \frac{1}{17 \times \cdot 00029} = 202\cdot 9 \text{ cm.}$$

12. একটি ইস্পাত নির্মিত সেতুর দৈর্ঘ্য 461 metres. $-5°C$ এবং $+35°C$ তাপমাত্রাভেদে উহার কত দৈর্ঘ্য প্রসারণ হইবে তাহা নির্ণয় কর। ইস্পাতের $\alpha = 12 \times 10^{-6}$

[The length of a bridge, made of steel, is 461 metres. What will be the expansion in its length due to a temperature difference of $-5°C$ and $+35°C$? α for steel $= 12 \times 10^{-6}$]

উঃ। আমরা জানি, দৈর্ঘ্য প্রসারণ = প্রাথমিক দৈর্ঘ্য × গুণাঙ্ক × তাপমাত্রাভেদ

$$= 461 \times 100 \times 12 \times 10^{-6} \times \{35 - (-5)\}$$
$$= 461 \times 100 \times 12 \times 10^{-6} \times 40$$
$$= 461 \times 12 \times 4 \times 10^{-3}$$
$$= 22\cdot 128 \text{ cm}$$

13. শীতে ও গ্রীষ্মে তাপমাত্রাভেদ 40°F হইতে 100°F হইলে এক মাইল দীর্ঘ রেলপথ ইস্পাতের লাইন দিয়া তৈয়ারী করিতে গেলে কতটুকু ফাঁক রাখিতে হইবে? ইস্পাতের $\alpha = 12 \times 10^{-6}$ প্রতি ডিগ্রী সেন্টিগ্রেড।

[What gap must be left for constructing a railway line by steel, 1 mile long, if the temperature varies from 40°F to 100°F in winter and in summer ? α for steel $= 12 \times 10^{-6}$ per °C]

উঃ। আমরা জানি, $l_t = l_1\{1 + \alpha(t_2 - t_1)\}$

এস্থলে $l_t = 1$ mile ; $\alpha = 12 \times 10^{-6} \times \frac{5}{9}$; $t_1 = 40°F$; $t_2 = 100°F$.

সুতরাং $1 = l_1\{1 + 12 \times \frac{5}{9} \times 10^{-6}(100 - 40)\}$

$$= l_1\{1 + 12 \times \frac{5}{9} \times 10^{-6} \times 60\}$$

$$\therefore\ l_1 = \frac{1}{1 + 12 \times \frac{5}{9} \times 10^{-6} \times 60} = \frac{1}{1 + 4 \times 10^{-4}}$$
$$= (1 - 4 \times 10^{-4}) \text{ mile.}$$

সুতরাং যেটুকু ফাঁক রাখিতে হইবে তাহা $=4\times10^{-4}$ mile

$$=4\times10^{-4}\times1760\times3 \text{ ft.}$$
$$=2 \text{ ft. } 1\cdot3 \text{ inch.}$$

14. একটি ধাতব বলের ব্যাস 4·02 cm. একটি পিতলের প্লেটে 4 cm. ব্যাসের একটি ছিদ্র আছে। উভয়ের তাপমাত্রা 30°C. প্লেটটিকে কত তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলে বলটি (তখনও 30°C) ছিদ্র গলিয়া যাইতে পারিবে? পিতলের $\alpha=18\times10^{-6}$ per °C.

[A metal ball has a diameter of 4·02 cm. A hole in a brass plate has a diameter of 4·0 cm, both the ball and the plate being at 30°C. To what temperature must the plate be heated so that the ball (still at 30°C) may just pass through the hole? α for brass $=18\times10^{-6}$ per °C ?] [**H. S. Exam., 1966**]

উঃ। প্লেটের ছিদ্রের প্রয়োজনীয় ব্যাসবৃদ্ধি $=4\cdot02-4\cdot0=\cdot02$ cm. ধর, নির্ণেয় তাপমাত্রা t°C. এক্ষেত্রে, ব্যাসবৃদ্ধি = প্রাথমিক ব্যাস × গুণাঙ্ক × তাপমাত্রা বৃদ্ধি

অথবা, $\cdot02=4\times18\times10^{-6}\times(t-30)$

or, $$t-30=\frac{\cdot02}{4\times18\times10^{-6}}=\frac{2\times10^4}{72}=277\cdot7$$

$\therefore$ $t=307\cdot7$°C. (উঃ)

15. একটি লৌহ নির্মিত স্কেল 15°C তাপমাত্রায় ত্রুটিহীন। 25°C তাপমাত্রায় ঐ স্কেল দিয়া কোন দূরত্ব মাপিয়া দেখা গেল 1 মাইল। ঐ দূরত্বের নির্ভুল পরিমাণ কত?

[A scale made of iron is correct at 15°C. A certain distance measured by the scale at 25°C is found to be 1 mile. What is the correct distance ?]

উঃ। 25°C তাপমাত্রায় স্কেলের প্রত্যেক দাগের কিছু দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি হইয়াছে। সুতরাং ঐ দূরত্ব 1 mile-এর কিছু বেশী হইবে।

আমরা জানি, $l_t-l_1=l_1.\alpha(t_2-t_1)$

এস্থলে $l_1=1$ mile, $t_2=25$°C ; $t_1=15$°C ; $\alpha=12\times10^{-6}$.

সুতরাং $l_t - l_1 = 1 \times 12 \times 10^{-6} \times (25-15)$
$= 1 \times 12 \times 10^{-6} \times 10$
$= 12 \times 10^{-5}$ miles
$= 12 \times 10^{-5} \times 1760 \times 3$ ft.
$= \cdot 633$ ft.

সুতরাং $l_t = l_1 + \cdot 633$ ft.
$= 5280 \cdot 633$ ft. [1 mile = 5280 ft.]

সুতরাং প্রকৃত দূরত্ব $= 5280 \cdot 633$ ft.

16. একটি পিতলের স্কেল 20°C তাপমাত্রায় নির্ভুল। 45°C তাপমাত্রায় ঐ স্কেল দ্বারা একটি দণ্ডের দৈর্ঘ্য পরিমাপ করিয়া 50 cm. পাঠ পাওয়া গেল। দণ্ডটির প্রকৃত দৈর্ঘ্য নির্ণয় কর। পিতলের $\alpha = 18 \times 10^{-6}$ per °C.

[A brass scale is correct at 20°C. The length of a rod measured by it at 45°C is 50 cm. Calculate the true length of the rod. α for brass $= 18 \times 10^{-6}$ per °C.

[H. S. Exam., 1965]

উঃ। স্কেলটি 20°C-এ নির্ভুল—অর্থাৎ ঐ তাপমাত্রায় স্কেলের প্রত্যেক সেণ্টিমিটার ঘর সত্যই 1 cm. দীর্ঘ।

এখন 45°C তাপমাত্রায় প্রত্যেক সেণ্টিমিটারের দৈর্ঘ্য কিছু বৃদ্ধি পাইবে। ঐ তাপমাত্রায় স্কেলে যাহা 1 cm দেখা যাইতেছে তাহা প্রকৃতপক্ষে

$$= 1(1 + 18 \times 10^{-6} \times 25) \text{ cm.} = 1 \cdot 00045 \text{ cm.}$$

কাজেই ঐ তাপমাত্রায় যাহা 50 cm. দেখা যাইতেছে তাহার প্রকৃত দৈর্ঘ্য

$$= 1 \cdot 00045 \times 50 = 50 \cdot 0225 \text{ cm.}$$

17. একটি কাচের ফ্লাস্কের আয়তন 15°C তাপমাত্রায় 1 litre. 25°C তাপমাত্রায় ঐ ফ্লাস্কে কত c.c. তরল ধরিবে? কাচের দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণাঙ্ক $= 8 \cdot 5 \times 10^{-6}$.

[The volume of a glass flask is 1 litre at 15°C. What volume of liquid in c.c. will be contained in the flask at 25°C ? Co-efficient of linear expansion of glass $= 8 \cdot 5 \times 10^{-6}$.

উঃ। এস্থলে কাচের আয়তন প্রসারণ হইবে। আমরা জানি,

$$V_t = V_1\{1 + \gamma(t_2 - t_1)\}$$

এস্থলে $V_1 = 1$ litre ; $\gamma = 8 \cdot 5 \times 10^{-6} \times 3$; $t_2 = 25$°C ; $t_1 = 15$°C.

সুতরাং $V_t = 1\{1+8{\cdot}5\times10^{-6}\times3(25-15)\}$

$= 1\{1+8{\cdot}5\times10^{-6}\times3\times10\}$

$= 1\{1+{\cdot}000255\}$

$= 1{\cdot}000255$ litre

$= 1000{\cdot}255$ c c.

সুতরাং 1000·255 c.c. তরল ধরিবে।

18. একটি খালি বোতলের ওজন 15·35 gms. 20°C তাপমাত্রায় বোতলটি তার্পিন তেল দ্বারা সম্পূর্ণ ভর্তি করিলে ওজন হয় 41 37 gms. বোতলটির তাপমাত্রা বৃদ্ধি করিয়া 70°C করিলে এবং পরে ঠাণ্ডা করিয়া ওজন করিলে ওজন হয় 40·28 gms., তার্পিন তেলের আপাত প্রসারণ গুণাঙ্ক নির্ণয় কর।

[An empty bottle weighs 15·35 gms. When it is filled up by turpentine at 20°C, it weighs 41·37 gms. If the bottle is then heated to 70°C and then allowed to be cooled and weighed, the weight was found to be 40·28 gms. Find the co-efficient of apparent expansion of turpentine.]

উঃ। খালি বোতলের ওজন = 15·35 gms.

20°C তাপমাত্রায় (বোতল + তার্পিন) ওজন = 41·37 gms.

∴ 20°C তাপমাত্রায় তার্পিনের ওজন = 41·37 − 15·35

= 26·02 gms.

70°C তাপমাত্রায় (বোতল + তার্পিন) ওজন = 40·28 gms.

∴ ,, ,, তার্পিনের ওজন = 40·28 − 15·35

= 24·93 gms.

∴ উচ্চ তাপমাত্রায় বহিষ্কৃত তরলের ওজন = 26·02 − 24·93

= 1·09 gms.

আমরা জানি $\gamma' = \dfrac{\text{বহিষ্কৃত তরলের ওজন}}{\text{উচ্চ তাপমাত্রায় অবশিষ্ট তরলের ওজন} \times \text{তাপমাত্রা ভেদ}}$

$$= \frac{1{\cdot}09}{24{\cdot}93(70-20)} = \frac{1{\cdot}09}{24{\cdot}93\times50} = {\cdot}0008744$$

19. 15°C তাপমাত্রায় একটি ফ্লাস্ক 50·05 gms. তরল দ্বারা পূর্ণ আছে। ফ্লাস্কটিকে 60°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলে 0·79 gms. তরল বহিষ্কৃত হয়। তরলের প্রসারণ গুণাঙ্ক কত?

[A flask is completely filled by 50·05 gms. of liquid at 15°C. When the flask is heated to 60°C, 0·73 gm. of liquid is expelled. What is the co-efficient of apparent expansion of the liquid ?]

উঃ। আমরা জানি $\gamma' = \dfrac{\text{বহিষ্কৃত তরলের ভর}}{\text{অবশিষ্ট তরলের ভর} \times \text{তাপমাত্রাঙ্কের}}$

$$= \frac{0·73}{(50·05 - 0·73)(60 - 15)} = \frac{0·73}{49·32 \times 45}$$

$$\simeq 00032$$

20. একটি কাচ নির্মিত ফ্লাস্কের আয়তনের $\frac{3}{20}$ অংশ পারদ দ্বারা ভর্তি করা আছে। কাচের আয়তন প্রসারণ গুণাঙ্ক 27×20^{-6} per °C এবং পারদের প্রকৃত প্রসারণ গুণাঙ্ক 180×10^{-6} per °C হইলে প্রমাণ কর যে তাপমাত্রার কোন পরিবর্তনেই ফ্লাস্কের বাকী অংশের আয়তনের কোন পরিবর্তন হইবে না।

[If a flask is made of glass of co-efficient of volume expansion 27×10^{-6} per °C and $\frac{3}{20}$ of its volume is occupied by mercury (co-efficient of absolute expansion$=180 \times 10^{-6}$ per °C), show that the volume of the remaining space will not change with change of temperature.] **[H. S. Exam., 1963]**

উঃ। ধর, 0°C তাপমাত্রায় ফ্লাস্কের আভ্যন্তরীণ আয়তন$=V_0$

অতএব, প্রশ্নানুযায়ী " " " অভ্যন্তরস্থ পারদের আয়তন$=\dfrac{3V_0}{20}$

সুতরাং, " " " বাকী অংশের আয়তন$=V_0-\dfrac{3V_0}{20}$

$$=\frac{17}{20}V_0$$

মনে কর, তাপমাত্রা t°C বৃদ্ধি করা হইল।

এখন ফ্লাস্কের আভ্যন্তরীণ আয়তন $V=V_0(1+\gamma_g t)=V_0(1+27\times10^{-6}\times t)$

$$=V_0+27\times V_0\times10^{-6}\times t.$$

ঐ তাপমাত্রায় পারদের আয়তন $V_1 = \frac{3V_0}{20}(1+\gamma.t)$

$$= \frac{3V_0}{20}(1+180\times10^{-6}\times t)$$

$$= \frac{3V_0}{20} + 27V_0 \times 10^{-6} \times t$$

ঐ তাপমাত্রায় বাকী অংশের আয়তন $= V - V_1$

$$= V_0 - \frac{3V_0}{20} = \frac{17}{20}V_0$$

অর্থাৎ তাপমাত্রার পরিবর্তনে বাকী অংশের আয়তনের কোন পরিবর্তন হইল না।

21. 100°C তাপমাত্রায় একটি পারদস্তম্ভ 0°C তাপমাত্রার আর একটি পারদ-স্তম্ভের সহিত সাম্য প্রতিষ্ঠা করে। স্তম্ভদ্বয়ের দৈর্ঘ্য যথাক্রমে 76.35 ও 75 cm. হইলে পারদের প্রাকৃত প্রসারণ গুণাঙ্ক কত?

[A mercury column at 100°C is balanced by another at 0°C. If the lengths of the columns are 76·35 cm. and 75 cm. respectively, find the co-efficient of real expansion of mercury.]

উঃ। আমরা জানি $\gamma = \frac{\text{স্তম্ভদ্বয়ের উচ্চতার প্রভেদ}}{\text{ঠাণ্ডা স্তম্ভের উচ্চতা} \times \text{তাপমাত্রাভেদ}}$

$$= \frac{76{\cdot}35 - 75}{75 \times 100} = \frac{1{\cdot}35}{75 \times 100} = 1{\cdot}8 \times 10^{-4}$$

22. Dulong ও Petit-এর কোন পরীক্ষায় 14°C তাপমাত্রার একটি পারদস্তম্ভ 100°C তাপমাত্রায় অন্য একটি পারদস্তম্ভের সহিত সাম্য প্রতিষ্ঠা করে। ক্ষুদ্রতর পারদ-স্তম্ভের দৈর্ঘ্য যদি 86.4 cm. হয় তবে অন্যটি কত নির্ণয় কর। [পারদের $\gamma = {\cdot}00018$]

[In a Dulong and Petit experiment, a mercury column at 14°C balances another at 100°C. If the length of the shorter column be 86·4 cm., find that of the other. γ for mercury $= {\cdot}00018$]

উঃ। আমরা জানি তাপমাত্রা বেশী হইলে দৈর্ঘ্য বেশী হইবে এবং তাপমাত্রা কম হইলে দৈর্ঘ্যও কম হইবে। সুতরাং ক্ষুদ্রতর দৈর্ঘ্যের তাপমাত্রা 14°C. এখন,

$$\gamma = \frac{\text{দৈর্ঘ্যের প্রভেদ}}{\text{ঠাণ্ডা স্তম্ভের দৈর্ঘ্য} \times \text{তাপমাত্রাভেদ}}$$

অথবা, $\cdot 00018 = \frac{\text{দৈর্ঘ্যের প্রভেদ}}{86\cdot4 \times (100-14)}$

$\therefore$ দৈর্ঘ্যের প্রভেদ $= \cdot 00018 \times 86\cdot4 \times 86$

$= 1\cdot33$ cm.

সুতরাং অপর দৈর্ঘ্য $= 86\cdot + 1\cdot33 = 87\cdot73$ cm.

23. 18°C তাপমাত্রায় ও 1 atmos. চাপে 100 litres অক্সিজেন গ্যাস একটি চোঙে প্রবেশ করানো হইল। চোঙের আভ্যন্তরীণ আয়তন 10 litres হইলে এব গ্যাসের তাপমাত্রার কোন পরিবর্তন না হইলে চোঙের উপর কত চাপ পড়িবে ?

যদি চোঙ্টি 200lbs/sq in. চাপ সহ্য করিতে পারে তবে তাপমাত্রা কত বৃদ্ধি করিলে চোঙ্ ভাঙ্গিবার সম্ভাবনা হইবে। [বায়ুমণ্ডলের চাপ = 15lbs/sq. in.]

[100 litres of oxygen at 18°C and 1 atmosphere pressure are injected into a cylinder. If the internal volume of the cylinder be 10 litres and if the temperature of gas is unaltered, find the pressure on the cylinder.

What should be the increase in temperature so that the cylinder is on the point of bursting if it can bear a pressure of 200lbs/sq. inch. Atmospheric pressure = 15lbs/sq. inch.]

উঃ। তাপমাত্রা অপরিবর্তিত থাকিলে বয়েলের সূত্র হইতে আমরা জানি,

$$P_1V_1 = P_2V_2$$

এস্থলে $P_1 = 1$ atmos ; $V_1 = 100$ litre ; $V_2 = 10$ litres ; P_2 ?

সুতরাং $1 \times 100 = P_2 \times 10$

$\therefore P_2 = 10$ atmos.

বয়েল ও চার্লসের সূত্রদ্বয়ের সমন্বয় হইতে জানি,

$$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$$

এক্ষেত্রে, $P_1 = 1$ atmos $= 15$lbs/sq. inch. $P_2 = 200$lbs/sq. in.

$V_1 = 100$ litres $V_2 = 10$ litres

$T_1 = 273 + 18 = 291$ $T_2 = ?$

সুতরাং $\frac{15\times100}{291}=\frac{200\times10}{T_2}$

$\therefore\ T_2=\frac{200\times10\times291}{15\times100}=388$

$\therefore$ নির্ণেয় তাপমাত্রা $=388-273=115°C$.

24. 27°C তাপমাত্রায় এবং 1 atmos. চাপে কিছু গ্যাসের আয়তন 200 c.c. যদি তাপমাত্রা পরিবর্তন করিয়া 47°C করা হয় তবে কত চাপে ঐ গ্যাসের আয়তন 180 c c. হইবে ?

[A certain mass of gas occupies 200 c.c. at 27°C and 1 atmosphere pressure. At what pressure will the volume be 180 cc. if the temperature changes to 47°C ?]

উঃ। আমরা জানি $\frac{P_1V_1}{T_1}=\frac{P_2V_2}{T_2}$

এস্থলে $P_1=1$ atmos. $P_2=?$

$V_1=200$ c.c. $V_2=180$ c.c.

$T_1=27°+273$ $T_2=47°+273$

$=300°$ $=320°$

সুতরাং $\frac{1\times200}{300}=\frac{P_2\times180}{320}$

$\therefore\ P_2=\frac{200\times320}{300\times180}=1{\cdot}18$ atmos.

25. 10°C তাপমাত্রায় 1 litre বায়ুকে উত্তপ্ত করা হইল যতক্ষণ না চাপ ও আয়তন উভয়ই দ্বিগুণ হইল। তখনকার তাপমাত্রা কত ?

[1 litre of air at 10°C is heated until its pressure and volume are both doubled. What will be the corresponding temperature ?]

উঃ। আমরা জানি $\frac{P_1V_1}{T_1}=\frac{P_2V_2}{T_2}$

এক্ষেত্রে, $P_1=1$ atmos. $P_2=2$ atmos.

$V_1=1$ litre $V_2=2$ litres.

$T_1=10+273$ $T_2=?$

$=283°$

অতএব, $\frac{1\times1}{283}=\frac{2\times2}{T_2}$

$\therefore \quad T_2=1132°A$

অর্থাৎ নির্ণেয় তাপমাত্রা $=1132-273$

$=859°C.$

26. একটি কাচপাত্র 30°C তাপমাত্রায় বায়ুপূর্ণ। পাত্রটিকে কত তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলে পাত্র হইতে এক-চতুর্থাংশ বায়ু বাহির হইয়া যাইবে? পাত্রের চাপ অপরিবর্তিত আছে ধরিয়া লইতে হইবে। (পাত্রের প্রসারণ উপেক্ষণীয়)।

[A glass vessel contains air at 30°C. To what temperature must it be heated so as to expel one-fourth of the air, the pressure remaining constant? (Neglect expansion of the vessel)] [H. S. (Comp.), 1965]

উঃ। এক্ষেত্রে চাপ এবং আয়তন অপরিবর্তিত থাকিতেছে কিন্তু পাত্রস্থ বায়ুর ঘনত্ব পরিবর্তন করিতেছে। মনে কর, 30°C তাপমাত্রায় পাত্রের বায়ুর ঘনত্ব D_1 এবং পরবর্তী তাপমাত্রায় ঘনত্ব D_2, এক্ষেত্রে, আমরা লিখিতে পারি, $VD_1=\frac{4}{3}VD_2$

or, $\frac{D_1}{D_2}=\frac{4}{3}$

কিন্তু চরম তাপমাত্রা এবং ঘনত্ব পরস্পরের ব্যস্তানুপাতিক, অর্থাৎ

$$\frac{D_1}{D_2}=\frac{T_2}{T_1}$$

অথবা, $\frac{4}{3}=\frac{T_2}{273+30}=\frac{T_2}{303} \quad \therefore \quad T_2=404°$

সুতরাং সেন্টিগ্রেড স্কেলে নির্ণেয় তাপমাত্রা $=404-273=131°C.$

অনুশীলনী

1. কোন দিনের সর্বোচ্চ তাপমাত্রা 120·2° ডিগ্রী ফারেনহাইট। সেন্টিগ্রেডে তাপমাত্রা কত?

[The highest temperature on a certain day was observed to be 120·2° Fahrenheit. What will it correspond to on Centigrade scale?] [H. S. Exam., '61] [উঃ 49°]

2. কোন অজ্ঞাত স্কেলের থার্মোমিটার হিমাঙ্ক —20° এবং স্ফুটনাঙ্ক 80° দেখাইতেছে। 50°C তাপমাত্রা ঐ থার্মোমিটারে কত দেখাইবে ?

[An unspecified thermometer reads −20° at the ice-point and 80° at the steam point. Calculate what this thermometer will read corresponding to 50°C] [উঃ 30°]

3. কোন থার্মোমিটারে স্ফুটনাঙ্ক 160° এবং হিমাঙ্ক 15° দাগ কাটা আছে। এই থার্মোমিটারে কোন তাপমাত্রা 73° হইলে সেন্টিগ্রেড ও ফারেনহাইটে কত হইবে ?

[The boiling point and freezing point of a themometer are 160° and 15° respectively. What would be the temperature on Centigrade and Fahrenheit scale when it shows a temperature of 73° ?] [উঃ 40°C ; 104°F]

4. যখন নির্ভুল তাপমাত্রা 0°C তখন একটি পারদ থার্মোমিটার 0·5° পাঠ দিতেছে এবং যখন নির্ভুল তাপমাত্রা 100°C তখন উহাতে 100·8° পাঠ পাওয়া যাইতেছে। যখন ঐ থার্মোমিটারের পাঠ 20° তখন নির্ভুল পাঠ কত ?

[A mercury thermometer reads 0·5° when the correct temperature is 0°C and it reads 100·8° when the correct temperature is 100°C. Find the true temperature when the thermometer reads 20°.] [H. S. (Comp.), 1960]

[সংকেত : করা অঙ্ক 3নং দ্রষ্টব্য] [উঃ 19·4°C]

5. একটি থার্মোমিটারের প্রাথমিক অন্তর 80টি সমান ঘর এবং আর একটির প্রাথমিক অন্তর 120টি সমান ঘরে বিভক্ত। প্রথমটির নিম্নস্থিরাঙ্ক 0তে এবং দ্বিতীয়টির 60 ঘরে অঙ্কিত। কোন তাপমাত্রায় দ্বিতীয় থার্মোমিটারের পাঠ 100 হইলে প্রথম থার্মোমিটারে পাঠ কত হইবে ?

[A thermometer has its fundamental interval divided into 80 equal parts and another into 120. If the lower fixed point of the first is marked 0 and that of the second 60, what is the temperature shown by the first when it is 100 by the second.]

[সংকেত : করা অঙ্ক 5নং দ্রষ্টব্য] [উঃ 26·6°]

6. একই তাপমাত্রা সেন্টিগ্রেড ও ফারেনহাইট স্কেলে মাপিয়া 56° ডিগ্রী তফাত পাওয়া গেল। উভয় থার্মোমিটারে ঐ তাপমাত্রার পাঠ কত হইবে ?

[The same temperature when read on a Centigrade and a Fahrenheit thermometer gives a difference of 56°. What is the number of degree indicated by each thermometer ?]

[উঃ। 30°C ও 86°F অথবা −110°C ও −166°F]

7. দুইটি বস্তুর তাপমাত্রার পার্থক্য 9°F : সেন্টিগ্রেড স্কেলে ঐ পার্থক্য কত হইবে ?

[Two bodies differ in temperature by 9°F ; what is this difference in Centigrade scale ?] [উঃ 5°]

8. একটি তামার তার 10°C তাপমাত্রায় 50 ft. লম্বা। 25°C তাপমাত্রায় ঐ তারের দৈর্ঘ্য কত হইবে ? (তামার α='000017)

[A copper wire is 50 ft. long at 10°C. What will be its length at 25°C ? α for copper='000017] [উঃ 50 01275 ft.]

9. 12°C তাপমাত্রায় একটি লোহার দণ্ড 42·64 cm. দীর্ঘ। কত তাপমাত্রায় উহার দৈর্ঘ্য বাড়িয়া 42·75 cm. হইবে ? (লোহার α='00011)

[A iron rod is 42·64 cm. long at 12°C. At what temperature will its length increase to 42·75 cm. α for iron = '00011]

[উঃ 247°C]

10. 50°C তাপমাত্রায় একটি তামার তার 200·166 cm দীর্ঘ এবং 200°C তাপমাত্রায় উহার দৈর্ঘ্য 200·664 cm. ; তামার দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণাঙ্ক নির্ণয় কর। 0°C তাপমাত্রায় ঐ তারের দৈর্ঘ্য কত হইবে ?

[A copper wire has lengths 200·166 cm. and 200·664 cm. at 50°C and 200°C respectively. Calculate the co-efficient of linear expansion of copper. What will be its length at 0°C ?]

[উঃ $1·66 \times 10^{-5}$; 200 cm.]

11. কিছু ফাঁক রাখিয়া টুকরা টুকরা ইস্পাতের লাইন দিয়া একটি রেলপথ তৈয়ারী হইয়াছে। প্রত্যেক টুকরার দৈর্ঘ্য 66 ft. এবং 10°C তাপমাত্রায় প্রত্যেক দুই টুকরার ফাঁক 0·5 inch. কত তাপমাত্রায় ঐ ফাঁক আর থাকিবে না ? (ইস্পাতের দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণাঙ্ক=11×10^{-6})

[Railway lines are laid with gaps to allow for expansion.

If the gap between steel lines 66 ft. long is 0·5 inch at 10°C at what temperature will the lines just touch ?

α for steel $= 11 \times 10^{-6}$] [উ: 67·3°C]

12. প্রত্যেক টুকরা লাইনের দৈর্ঘ্য 30 ft. এবং 90°F তাপমাত্রায় উহারা পরস্পর স্পর্শ করে। হিমাঙ্ক তাপমাত্রায় প্রত্যেক টুকরার মধ্যে কত ফাঁক থাকিবে? লোহার $\alpha = \cdot000012$ per°C.

[A railway line is to be constructed by iron rails, each of which is 30 ft. long and they just touch each other at 90°F. What will be the gap between each at the ice-point ? α for iron $= \cdot000012$ per°C] [উ: 0·14 inch.]

13. ফ্রান্সের আইফেল টাওয়ার 335 metre উঁচু। শীতকালের তাপমাত্রা 0°F হইতে বৃদ্ধি পাইয়া গ্রীষ্মকালে 100°F হইলে টাওয়ারটির উচ্চতা শীতকাল অপেক্ষা গ্রীষ্মকালে কত বেশী হইবে? টাওয়ারটি ইস্পাতের তৈরী এবং ইস্পাতের দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণাঙ্ক $= 12 \times 10^{-6}$ per°C.

[The Eiffel Tower in France is 335 metres high. Its extreme temperature rises from 0°F in winter to 100°F in summer. The tower is made of steel of co-efficient of linear expansion equal to 12×10^{-6} per°C. How taller is the tower in summer than in winter ? **[H. S. Exam., 1963]** [উ: 22·11 cm.]

14. 100°C তাপমাত্রায় একটি লৌহখণ্ডের আয়তন 10 c. ft. 25°C তাপমাত্রায় উহার আয়তন নির্ণয় কর (লোহার $\alpha = 12 \times 10^{-6}$)

[The volume of a block of iron is 10 c. ft. at 100°C. Calculate its volume at 25°C. α for iron $= 12 \times 10^{-6}$]

[উ: 9.97 c. ft]

15. এলাহাবাদ হইতে দিল্লীর দূরত্ব 390 miles. শীতে ও গ্রীষ্মে তাপমাত্রা যথাক্রমে 36°F এবং 117°F হইলে ঐ রেলপথে মোট কতটুকু ফাঁক রাখিতে হইবে? (লোহার $\alpha = 12 \times 10^{-6}$ per°C)

[The distance between Allahabad and Delhi is 390 miles. Find the total space that must be left between the rails to allow for a change of temperature from 36°F in winter to 117°F in summer. α **for iron $= 12 \times 10^{-6}$ per°C.] [উ: 0·21 miles (প্রায়)]**

16. একটি ভার থার্মোমিটারের খালি অবস্থায় ওজন 6·34 gms. এবং 0°C তাপমাত্রায় পারদপূর্ণ করিলে ওজন হয় 153·81 gms. থার্মোমিটারকে 100°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলে 2·08 gms. পারদ বহিষ্কৃত হয়। পারদের আপাত প্রসারণ গুণাঙ্ক কত ?

[An empty weight thermometer weighs 6·34 gms. and when filled with mercury at 0°C, it weighs 153·81 gms. 2·08 gms. of mercury overflow when the thermometer is heated to 100°C. Find the co-efficient of apparent expansion of mercury.]

[উঃ $14{\cdot}3\times10^{-5}$]

17. একটি ভার থার্মোমিটারে 0°C তাপমাত্রায় 300 gms. পারদ আছে। তাপমাত্রা 83°C করিলে কত পারদ বহিষ্কৃত হইবে ? পারদের আপাত প্রসারণ গুণাঙ্ক $=15\times10^{-5}$.

[A weight thermometer contains 300 gms. of mercury at 0°C. When the temperature is raised to 83°C, how much mercury will overflow ? Apparent expansion of mercury $=15\times10^{-5}$]

[উঃ 3·69 gms.]

18. 0°C তাপমাত্রায় একটি কাচপাত্র 816 gms. পারদ দ্বারা পূর্ণ হয়। 100°C তাপমাত্রায় ঐ পাত্রকে পারদপূর্ণ করিতে 803·21 gms. পারদ লাগে। পারদের প্রকৃত প্রসারণ গুণাঙ্ক ·000182 প্রতি ডিগ্রী সেন্টিগ্রেড। কাচের আয়তন প্রসারণ গুণাঙ্ক নির্ণয় কর।

[A glass vessel requires 816 gms. of mercury at 0°C and 803·21 gms. at 100°C for complete filling. If the co-efficient of real expansion of mercury is ·000182 per °C, find the co-efficient of volume expansion of glass.] [উঃ $2{\cdot}3\times10^{-5}$]

19. খালি অবস্থায় একটি ভার থার্মোমিটারের ওজন 40 gms. 0°C তাপমাত্রায় পারদ পূর্ণ করিলে ওজন হয় 490 gms. 100°C তাপমাত্রায় উহাকে উত্তপ্ত করিলে 6·85 gms. পারদ বহিষ্কৃত হয়। পারদের প্রকৃত প্রসারণ গুণাঙ্ক ·000182 হইলে কাচের দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণাঙ্ক নির্ণয় কর।

[A weight thermometer, when empty, weighs 40 gms. When filled with mercury at 0°C, it weighs 490 gms. and 6·85 gms. of

mercury overflow when the thermometer is heated to 100°C. If the co-efficient of real expansion of mercury be ·000182, find the co-efficient of linear expansion of glass.] [উঃ 9×10^{-6}]

20. Dulong এবং Petit-এর কোন পরীক্ষায় ঠাণ্ডা ও উষ্ণ পারদস্তম্ভের উচ্চতা যথাক্রমে 90·6 cm. এবং 92·2 cm. ঠাণ্ডা স্তম্ভের তাপমাত্রা 0°C হইলে উষ্ণ স্তম্ভের তাপমাত্রা কত? পারদের $\gamma = 18{\cdot}2 \times 10^{-5}$.

[In an experiment of Dulong and Petit, the cold and hot columns of mercury are respectively 90·6 cm. and 92·2 cm. high. If the temperature of the former be 0°C find that of the latter. γ for mercury $= 18{\cdot}2 \times 10^{-5}$.] [উঃ 97°C (প্রায়)]

21. Dulong এবং Petit-এর পরীক্ষায় উষ্ণ স্তম্ভের তাপমাত্রা 100°C এবং উচ্চতা 51 cm. ঠাণ্ডা স্তম্ভের তাপমাত্রা ও উচ্চতা যথাক্রমে 0°C এবং 50·1 cm. পারদের প্রকৃত প্রসারণ গুণাঙ্ক কত?

[In an experiment of Dulong and Petit the temperature and height of the cold column of mercury are 0°C and 50·1 cm. and those of hot column are 100°C and 51 cm. Find the co-efficient of real expansion of mercury.] [উঃ $17{\cdot}9 \times 10^{-5}$]

22. 100°C তাপমাত্রায় একটি পারদস্তম্ভ 30°C তাপমাত্রায় অপর একটি পারদস্তম্ভ কর্তৃক সাম্য অবস্থায় আছে। উহাদের উচ্চতা যথাক্রমে 50·9 cm. এবং 50·27 cm. হইলে পারদের প্রকৃত প্রসারণ গুণাঙ্ক কত?

[A column of mercury at 100°C is balanced by a column at 30°C. Their heights are 50·9 cm. and 50·27 cm. respectively. Calculate the co-efficient of real expansion of mercury.]

উঃ $17{\cdot}7 \times 10^{-5}$]

23. কাচ সাপেক্ষে পারদের আপাত প্রসারণ গুণাঙ্ক 153×10^{-6} per °C এবং পারদের প্রকৃত প্রসারণ গুণাঙ্ক 180×10^{-6} per °C. কাচের দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণাঙ্ক কত?

[The co-efficient of expansion of mercury relative to glass is 153×10^{-6} per °C and its co-efficient of absolute expansion is 180×10^{-6} per °C. Find the co-efficient of linear expansion of glass.] [H. S. Exam., 1963] [উঃ 9×10^{-6} per °C]

24. 17°C তাপমাত্রায় কোন নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের আয়তন 200 c.c.; তাপমাত্রা 92°C হইলে উহার আয়তন কত হইবে? (চাপ অপরিবর্তিত)

[The volume of a certain mass of gas at 17°C is 200 c.c.; What will be its volume if the temperature changes to 92°C, the pressure being unaltered ?] [উ: 252 c.c.]

25. নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের আয়তন ও তাপমাত্রা যথাক্রমে 250 cubic inch এবং 27 C. চাপ অপরিবর্তিত থাকিলে কত তাপমাত্রায় ঐ গ্যাসের আয়তন 180 cubic inch হইবে?

[The volume and temperature of a certain mass of gas are respectively 250 cubic inches and 27°C. If the pressure remains the same, at what temperature will the volume be 180 cubic inches ?] [উ: −57°C]

26. 62°C তাপমাত্রায় এবং 80 cm. পারদের চাপে নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের আয়তন 250 c.c.; 17°C তাপমাত্রায় এবং 75 cm. পারদের চাপে উহার আয়তন কত হইবে?

[The volume of a certain mass of gas is 250 c.c. at 62°C and 80 cm. of mercury pressure. What will be the volume when the temperature is 17°C and pressure 75 cm. of mercury ?]

[উ: 230·8 c.c.]

27. 0°C তাপমাত্রায় এবং 76 cm. পারদ চাপে 1 litre গ্যাসের ওজন 1·562 gms.; যদি তাপমাত্রা 25°C এবং চাপ 78 cm. পারদ হয় তবে ঐ গ্যাসের ওজন কত হইবে?

[A litre of gas weighs 1·562 gms. at 0°C under a pressure of 76 cm. of mercury The temperature rises to 25°C, the pressure being 78 cm. of mercury. What is the weight of one litre of gas under these conditions ?] [উ: 1·46 gms.]

[সংকেত: 1 litre গ্যাসের ওজনকে ঘনত্ব ধরা যাইতে পারে। ঘনত্ব ও আয়তন পরস্পর ব্যস্তানুপাতিক। কাজেই লেখা যাইতে পারে,

$$\frac{P_1}{D_1T_1}=\frac{P_2}{D_2T_2}$$

এস্থলে $P_1=76$ cm ; $T_1=273$°A ; $D_1=1·562$ gms/litre ; $P_2=$ 78 cm, $T_2=(25+273)$°A, $D_2=$?]

28. লম্বা, সূক্ষ্ম ও সমব্যাসযুক্ত রন্ধ্রের কাচনলে 0°C তাপমাত্রায় 1 metre দীর্ঘ একটি পারদসূত্র আছে। তাপমাত্রা 100°C-এ বৃদ্ধি করিলে পারদসূত্রের দৈর্ঘ্য 16.5 mm. বৃদ্ধি পায়। পারদের প্রকৃত প্রসারণ গুণাঙ্ক 0·000182 হইলে কাচের দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণাঙ্ক কত হইবে?

[A long glass tube of uniform capillary bore contains a thread of mercury, 1 metre long at 0°C. When the temperature is raised to 100°C, the thread of mercury is found to be 16.5 mm. longer. If the co-efficient of absolute expansion of mercury be 0·000182, calculate the co-efficient of linear expansion of glass.]

[H. S. (Comp.), 19f0] [উ: $8{\cdot}3\times10^{-6}$]

[সংকেত : ধর, 0°C এবং 100°C তাপমাত্রায় নলের প্রস্থচ্ছেদ যথাক্রমে A_0 এবং A_{100} sq. cm.

এখন, 0°C তাপমাত্রায় পারদসূত্রের আয়তন $(V_0)=100\times A_0$ c.c.

এবং, 100°C ,, ,, ,, $(V_{100})=101{\cdot}65\times A_{100}$ c.c

এখন, পারদের প্রকৃত প্রসারণ গুণাঙ্ক

$$\gamma=\frac{V_{100}-V_0}{V_0\times100}=\frac{101{\cdot}65\times A_{100}-100\times A_0}{100\times A_0\times100}$$

কিন্তু আমরা জানি, $A_{100}=A_0(1+100\beta)=A_0(1+200\alpha)$

(α=কাচের দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণাঙ্ক)

অতএব, $$\gamma=\frac{101{\cdot}65A_0(1+200\alpha)-100A_0}{100\times A_0\times100}=\frac{101{\cdot}65(1+200\alpha)-100}{10^4}$$

প্রশ্নানুযায়ী, $\gamma={\cdot}000182$

$$\therefore\quad {\cdot}000182=\frac{101{\cdot}65(1+200\alpha)-100}{10^4}$$

or, $\alpha=8{\cdot}3\times10^{-6}$]

29. স্থির চাপে 5 litre আয়তনের কোন গ্যাসকে 0°C হইতে 35°C-এ উত্তপ্ত করিলে আয়তন 640 c.c. বৃদ্ধি পায়। ইহা হইতে চরম শূন্যের মান সেন্টিগ্রেডে নির্ণয় কর।

[At constant pressure, 5 litres of a certain gas expand by 640 c.c. when heated from 0°C to 35°C. Calculate from these data the value of the absolute zero on the Centigrade scale.]

(H. S. Exam., 19ɔ5) (উ: —273°C)

দ্বিতীয় পরিচ্ছেদ
ক্যালরিমিতি
[Calorimetry]

*প্রশ্ন ১। নিম্নলিখিত রাশিগুলির সংজ্ঞা লিখ :—

(i) ক্যালরি (Calorie), (ii) বৃটিশ থার্মাল একক (B. Th. U.), (iii) থার্ম (Therm), (iv) আপেক্ষিক তাপ (Specific heat).

'সীসার আপেক্ষিক তাপ '·03'—এই উক্তির বিশদ ব্যাখ্যা কর।

[Explain the statement fully—'The specific heat of lead is '·03'] [H. S. Exam., 1960]

উ:। ক্যালরি : ইহা সি. জি. এস্. পদ্ধতিতে তাপের একক। 1 gram বিশুদ্ধ জলকে 1°C তাপমাত্রা বৃদ্ধি করার জন্য যে তাপের প্রয়োজন তাহাকে ক্যালরি বলে।

বৃটিশ থার্মাল একক : ইহা এফ পি. এস্. পদ্ধতিতে তাপের একক। 1 lb বিশুদ্ধ জলকে 1°F তাপমাত্রা বৃদ্ধি করার জন্য যে তাপের প্রয়োজন তাহাকে বৃটিশ থার্মাল একক বলে।

থার্ম : ইহা তাপের একটি বিশেষ একক। গ্যাস কোম্পানী এই একক ব্যবহার করেন। ইহা 100,000 বৃটিশ থার্মাল এককের সমান। অর্থাৎ 100 lbs বিশুদ্ধ জলকে 100°F তাপমাত্রা বৃদ্ধি করার জন্য যে তাপের প্রয়োজন, তাহাকে থার্ম বলা যায়।

আপেক্ষিক তাপ :

কোন পদার্থের আপেক্ষিক তাপ বলিতে

$$\frac{\text{ঐ পদার্থের একক ভরকে } 1^\circ \text{ ডিগ্রী উষ্ণ করিতে যে তাপ প্রয়োজন}}{\text{একক ভরের জলকে } 1^\circ \text{ ডিগ্রী উষ্ণ করিতে যে তাপ প্রয়োজন}} \text{ এই}$$

অনুপাত বুঝায়।

সীসার আপেক্ষিক তাপ ·03—এই উক্তি দ্বারা ইহাই বুঝায় যে 1 gm. সীসাকে 1°C উষ্ণ করিতে ·03 ক্যালরি তাপ লাগে অথবা 1 lb সীসাকে 1°F উষ্ণ করিতে ·03 B. Th. U. তাপ লাগে। ইহার কারণ এই যে

আপেক্ষিক তাপের উপরোক্ত সংজ্ঞায় সি. জি. এস্ পদ্ধতিতে denominator বা হর দাঁড়াইবে 1 gm. জলকে 1°C উষ্ণ করিতে যে তাপ লাগে অর্থাৎ 1 calorie এবং এফ. পি. এস্. পদ্ধতিতে দাঁড়াইবে 1 lb জলকে 1°F উষ্ণ করিতে যে তাপ লাগে অর্থাৎ 1 B. Th. U. সুতরাং সাধারণভাবে কোন জিনিসের আপেক্ষিক তাপ ইহাই দাঁড়ায় যে ঐ পদার্থের একক ভরকে 1° ডিগ্রী উষ্ণ করিতে যে তাপের প্রয়োজন হয় তাহা।

***প্রশ্ন ২। তাপগ্রাহিতা ও জল-সম কাহাকে বলে? উহাদের পার্থক্য কি? কোন পদার্থের জল-সম নির্ণয় করার পদ্ধতি বর্ণনা কর।**

[What do you mean by thermal capacity and water-equivalent ? What is the difference between them ? Describe a method for determining water-equivalent for a substance.]

[*cf.* **H. S. (Comp.), 1960, '63, '65**]

উঃ। তাপগ্রাহিতা ঃ

কোন বস্তুকে 1°C বা 1°F উষ্ণ করিতে যে তাপের প্রয়োজন হয় তাহাকে ঐ বস্তুর তাপগ্রাহিতা বলে। যদি বস্তুর ভর m gms. বা m lbs হয় ও আপেক্ষিক তাপ s হয় তবে ঐ বস্তুর তাপগ্রাহিতা $= m \times s$ calorie বা ms B. Th. U.

জল-সম ঃ

কোন বস্তুকে 1°C উষ্ণ করিতে যে তাপের প্রয়োজন হয় তাহা যত গ্রাম জলকে 1°C উষ্ণ করিবে তাহাকে উক্ত বস্তুর জল-সম বলা হয়। যদি বস্তুর ভর m gms. ও আপেক্ষিক তাপ s হয় তবে ঐ বস্তুর জল-সম $= m \times s$ gms. তেমনি, এফ. পি. এস্. পদ্ধতিতে বস্তুর জল-সম $= m \times s$ lbs.

উহাদের পার্থক্য ঃ

কোন বস্তুর জল-সম ও তাপগ্রাহিতার মান এক। উভয়েই বস্তুর ভর ও আপেক্ষিক তাপের গুণফলের সমান। কিন্তু জল-সম কিছু পরিমাণ জল বুঝায় বলিয়া উহার একক গ্রাম বা পাউণ্ড—আর, তাপগ্রাহিতা কিছু তাপ বুঝায় বলিয়া উহার একক ক্যালরি বা বৃটিশ থার্মাল একক।

জল-সম নির্ণয়ঃ মনে কর একটি ক্যালরিমিটারের জল-সম নির্ণয় করিতে হইবে। ক্যালরিমিটারকে শুষ্ক ও পরিষ্কার করিয়া খালি অবস্থায় ওজন লও। অতঃপর উহাতে কিছু জল ঢাল এবং পুনরায় ওজন লও। এই দুই ওজন হইতে কতখানি জল লওয়া হইল তাহা নির্ণয় করা যাইবে। একটি থার্মোমিটারের সাহায্যে জলের তাপমাত্রা দেখিয়া রাখ। এখন, ক্যালরিমিটারকে একটি অপরিবাহী পাত্রের মধ্যে রাখিয়া ক্যালরিমিটারের জলে কিছু ফুটন্ত জল ঢাল। ঢালিবার পূর্বে ফুটন্ত জলের তাপমাত্রা দেখিয়া রাখিতে হইবে। ফুটন্ত জলের তাপ ক্যালরিমিটার ও উহার অভ্যন্তরস্থ ঠাণ্ডা জল গ্রহণ করিবে। আলোড়কের (stirrer) সাহায্যে জল নাড়িতে থাক এবং থার্মোমিটারের প্রতি লক্ষ্য রাখ। থার্মোমিটারের পারা ক্রমশঃ উঠিতে থাকিবে এবং যখন পারা স্থির হইবে সেই চূড়ান্ত (final) তাপমাত্রা পাঠ কর। পুনরায় জল-সহ ক্যালরিমিটারকে ওজন কর। এই ওজন হইতে দ্বিতীয় ওজন বিয়োগ করিলে কতখানি ফুটন্ত জল লওয়া হইল তাহা জানা যাইবে।

গণনাঃ মনে কর,

খালি ক্যালরিমিটারের ওজন $= W_1$ gms.

খালি ক্যালরিমিটার + ঠাণ্ডা জলের ওজন $= W_2$ gms.

$\therefore$ ঠাণ্ডা জলের ওজন $= W_2 - W_1 = M$ gms (ধর)

ঠাণ্ডা জলের প্রাথমিক তাপমাত্রা $= t_1$°C

ফুটন্ত জলের তাপমাত্রা $= t_2$°C

মিশ্রণের চূড়ান্ত তাপমাত্রা $= t$°C

(ক্যালরিমিটার + ঠাণ্ডা জল + ফুটন্ত জল)-এর ওজন $= W_3$ gms.

$\therefore$ ফুটন্ত জলের ওজন $= W_3 - W_2 = m$ gms. (ধর)

ক্যালরিমিটারের জল-সম $= W$ gms.

এখন, ফুটন্ত জল কর্তৃক বর্জিত তাপ $= m \times (t_2 - t)$ cal.

(ক্যালরিমিটার + ঠাণ্ডা জল) কর্তৃক গৃহীত তাপ $= W(t - t_1) + M(t - t_1)$

যেহেতু, বর্জিত তাপ = গৃহীত তাপ,

কাজেই $m(t_2-t)=W(t-t_1)+M(t-t_1)$

$$\therefore \quad W=\frac{m(t_2-t)}{t-t_1}-M.$$

উপরোক্ত সমীকরণ হইতে W-এর মান নির্ণয় করা যাইবে।

প্রশ্ন ৩। দুইটি একই ধরনের কেট্‌লীর একটিতে কিছু জল এবং অন্যটিতে সমপরিমাণ দুধ রাখিয়া উনানের আগুনে পাশাপাশি রাখা হইল। জলের তাপমাত্রা বৃদ্ধি অপেক্ষা দুধের তাপমাত্রা বৃদ্ধি দ্রুত হইতে দেখা গেল। ইহার কারণ বর্ণনা কর।

[Two exactly similar kettles—one containing water and the other an equal mass of milk—are placed side by side on fire. The rise of temperature of milk is found to take place at a quicker rate than in the case of water. Explain.] **[H. S. Exam., 1960]**

উঃ। দুধ ও জলের আপেক্ষিক তাপ সমান নহে। জলের আপেক্ষিক তাপ দুধ অপেক্ষা বেশী। যদিও দুধ ও জলের পরিমাণ সমান এবং উহারা সমান তাপ পাইতেছে (কারণ একই উনানে রাখা হইয়াছে) তথাপি আপেক্ষিক তাপ ভিন্ন বলিয়া উহাদের তাপমাত্রা ভিন্ন হইবে। কারণ আমরা জানি গৃহীত তাপ=ভর × আপেক্ষিক তাপ × তাপমাত্রা বৃদ্ধি।

মনে কর, গৃহীত তাপ=H ; জল ও দুধের পরিমাণ=m এবং উহাদের আপেক্ষিক তাপ=S_1 এবং S_2.

সুতরাং জলের বেলাতে, $H=m\times S_1\times$ জলের তাপমাত্রা বৃদ্ধি

এবং দুধের " $H=m\times S_2\times$ দুধের "

অর্থাৎ $m\times S_1\times$ জলের তাপমাত্রা বৃদ্ধি $=m\times S_2\times$ দুধের তাপমাত্রা বৃদ্ধি।

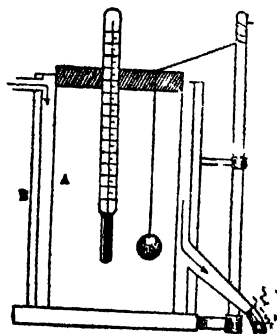
অথবা, $S_1\times$ জলের তাপমাত্রা বৃদ্ধি $=S_2\times$ দুধের তাপমাত্রা বৃদ্ধি।

যেহেতু S_1-এর মান S_2 অপেক্ষা বেশী, কাজেই জলের তাপমাত্রা বৃদ্ধি দুধ অপেক্ষা কম হইবে নতুবা উহাদের গুণফল দুই ক্ষেত্রে সমান হইতে পারে না।

****প্রশ্ন ৪। পরীক্ষাগারে কঠিন পদার্থের আপেক্ষিক তাপ নির্ণয়ের কোন পদ্ধতি বর্ণনা কর। ঐ পরীক্ষায় ত্রুটির কারণ এবং উহা পরিহার করিবার উপায় উল্লেখ কর।**

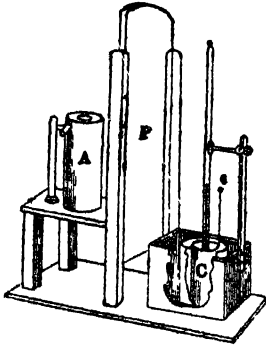
[Describe a method for determining the specific heat of a solid in laboratory. What are the sources of error and how to avoid them ?] **[H S. Exam., 1960, '62 (Comp.)]**

উঃ। কঠিন পদার্থের আপেক্ষিক তাপ নির্ণয় করিতে মিশ্রণ পদ্ধতি অবলম্বন করিতে হয়। এই পদ্ধতিতে যে বিশেষ যন্ত্রের ব্যবহার প্রয়োজন তাহাকে রেণোর যন্ত্র (Regnault's apparatus) বলে।

এই যন্ত্রের এক অংশে একটি স্টীম প্রকোষ্ঠ (Steam-heater) থাকে। 41নং চিত্রে ইহা দেখানো হইল। ইহাতে দুইটি ধাতব-চোঙ A ও B আছে। A চোঙটির তলা একটি ঢাকনা দ্বারা বন্ধ করা বা খোলা যায়। চোঙের উপরের মুখ ছিপি দিয়া আবদ্ধ এবং এই ছিপির ছিদ্র দিয়া থার্মোমিটার ও সূতা গলানো যায়। সূতা দিয়া পরীক্ষাধীন বস্তুখণ্ড A-চোঙে প্রবেশ করাইয়া ঝুলানো থাকে। B চোঙের উপর হইতে স্টীম প্রকোষ্ঠে প্রবেশ করে এবং তলার মুখ হইতে বাহির হইয়া যায়। স্টীম A ও B চোঙ দুইটির মধ্যবর্তী স্থান দিয়া যায় বলিয়া বস্তু স্টীমের সহিত সাক্ষাৎ সংস্পর্শে আসিবে না—অথচ স্টীমের তাপমাত্রা পাইবে।

চিত্র নং 41

42নং চিত্রে সম্পূর্ণ ব্যবস্থা দেখানো হইয়াছে। A পূর্ববর্ণিত স্টীম-প্রকোষ্ঠ। C একটি ক্যালরিমিটার। ইহা অপর একটি অপরিবাহী পাত্রের মধ্যে বসানো থাকে। ক্যালরিমিটার ও স্টীম-প্রকোষ্ঠকে আলাদা করিয়া রাখিবার জন্য একটি কাঠের পার্টিশান P আছে। পার্টিশান-কে উঠাইয়া ক্যালরিমিটারকে স্টীম-প্রকোষ্ঠের তলায় লওয়া যায়।

পদ্ধতি :

একটি ওজন করা ক্যালরিমিটারে খানিকটা জল ঢালিয়া পুনরায় ওজন করিয়া উহাকে ষ্টীম-প্রকোষ্ঠের নীচে আনিয়া জলের তাপমাত্রা দেখ। ইতিমধ্যে প্রকোষ্ঠের ভিতরস্থ কঠিন পদার্থ ষ্টীমের তাপমাত্রা পাইবে। থার্মোমিটার হইতে এই তাপমাত্রা দেখিয়া রাখ। এইবার প্রকোষ্ঠের নীচের ঢাকনা সরাইয়া সুতা ছিঁড়িয়া বস্তুটি ক্যালরিমিটারে ফেলিতে হইবে। সঙ্গে সঙ্গে ক্যালরিমিটারকে P-পার্টিশানের ডানদিকে সরাইয়া পার্টিশান ফেলিয়া দাও। উত্তপ্ত বস্তু হইতে তাপ ক্যালরিমিটার ও জলে স্থানান্তরিত হইবে। ফলে বস্তুটি ঠাণ্ডা ও জল এবং ক্যালরিমিটার উত্তপ্ত হইয়া শেষ পর্যন্ত এক তাপমাত্রায় আসিবে। থার্মোমিটার হইতে এই চূড়ান্ত তাপমাত্রা দেখিয়া রাখ।

চিত্র নং 42

গণনা : ধর,

কঠিন বস্তুর ওজন $= m$ gms

উহার আপেক্ষিক তাপ $= S$

ক্যালরিমিটারের জলের ওজন $= m_1$ gms.

ক্যালরিমিটারের জল-সম $= W$ gms.

কঠিন বস্তুর প্রাথমিক তাপমাত্রা $= t_1$°C.

মিশ্রণের চূড়ান্ত তাপমাত্রা $= t$°C

জলের ও ক্যালরিমিটারের প্রাথমিক তাপমাত্রা $= t_2$°C.

এখন, উত্তপ্ত বস্তু কর্তৃক বর্জিত তাপ $= m\,S\,(t_1 - t)$

ক্যালরিমিটার ও জল কর্তৃক গৃহীত তাপ $= W\,(t - t_2) + m_1\,(t - t_2)$

যেহেতু, বর্জিত তাপ = গৃহীত তাপ

$$ms\,(t_1 - t) = W(t - t_2) + m_1\,(t - t_2)$$

$$mS(t_1-t)=(W+m_1)(t-t_2)$$

$$\therefore \quad S=\frac{(W+m_1)(t-t_2)}{m(t_1-t)}$$

উপরোক্ত সমীকরণ হইতে S-এর মান সহজে নির্ণয় করা যাইবে।

ত্রুটি ও উহার প্রতিকার ঃ

উপরোক্ত পরীক্ষায় নিম্নলিখিত ত্রুটি আসিতে পারে।

(1) উত্তপ্ত বস্তুকে স্টীম প্রকোষ্ঠ হইতে ক্যালরিমিটারে ফেলিবার সময় কিছু তাপ নষ্ট হয়। ইহার জন্য প্রাপ্ত ফল ত্রুটিপূর্ণ হয়।

(2) পরিবহন ও বিকিরণের দরুন কিছু তাপক্ষয় হয়। কিন্তু রেণোর ব্যবস্থায় পরিবহনজনিত তাপক্ষয় অনেকাংশে নিবারিত হয়। বিকিরণের দরুন যে ত্রুটি আসে তাহা দূর করিতে হইলে জলের চূড়ান্ত তাপমাত্রা ঘরের তাপমাত্রা হইতে যত বেশী হইবে জলের প্রাথমিক তাপমাত্রা বরফ-জলের সাহায্যে ঘরের তাপমাত্রা হইতে তত কম করিয়া লইতে হইবে। ইহার ফলে পরীক্ষার শেষে বিকিরণের দরুন যে তাপক্ষয় হইবে পরীক্ষার প্রথমে ঠিক সেই পরিমাণ তাপ সঞ্চিত হইবে এবং প্রাপ্ত ফল নির্ভুল হইবে।

(3) জলের প্রাথমিক ও চূড়ান্ত তাপমাত্রা নির্ণয় করিতে খুব সুবেদী (sensitive) থার্মোমিটার ব্যবহার করা উচিত।

(4) উত্তপ্ত কঠিন বস্তুটি ক্যালরিমিটারের জলে ফেলিবার সময় সাবধানতা অবলম্বন করিতে হইবে যেন জল ছিটকাইয়া না পড়ে।

প্রশ্ন ৫। ক্যালরিমিটার দ্বারা মিশ্রণ পদ্ধতি সংক্রান্ত পরীক্ষায় আমরা ধরিয়া লই যে উষ্ণ বস্তু কর্তৃক বর্জিত তাপ শীতল বস্তু কর্তৃক গৃহীত তাপের সমান। এই সম্পর্ক বজায় রাখিতে হইলে ক্যালরিমিটারে কোন তাপ প্রবেশ করিবে না বা ক্যালরিমিটার হইতে কোন তাপ নির্গত হইবে না। অথবা উহার ভিতরে কোন তাপের উদ্ভব বা শোষণ হইবে না। তাহা হইলে নিম্নলিখিত ক্ষেত্রে কি উপরোক্ত সম্পর্ক বজায় থাকিবে ? ঃ—

(ক) ক্যালরিমিটারে জল রাখিয়া কঠিন বস্তু হিসাবে চিনি

মিলে, (খ) ক্যালরিমিটারের তরল ও কঠিন পদার্থ পরস্পরের সহিত রাসায়নিক ক্রিয়া করিলে, (গ) ক্যালরিমিটারকে খোলা বায়ুতে একটি টেবিলের উপর রাখিয়া দিলে ?

তোমার উত্তরের কারণ সংক্ষেপে বর্ণনা কর।

[In experiments by the method of mixtures in a calorimeter, we assume that the heat lost by the warmer bodies is equal to the heat gained by the cooler bodies. In order that this relation may hold, no heat must be allowed to enter or leave the calorimeter, or be developed or absorbed inside. Will, then, the relation hold if, (a) the calorimeter contains water and the solid is sugar, (b) the solid and the liquid in the calorimeter react chemically, (c) the calorimeter is kept on a table and is exposed to the air? Explain your answer briefly.] [H S. Exam., 1963 *cf* 1965]

উঃ। (*a*) ক্যালরিমিটারে জল রাখিয়া কঠিন বস্তু হিসাবে চিনি লইলে, চিনি জলে দ্রবীভূত হইবে। কঠিন বস্তু তরলে দ্রবীভূত হইলে ঐ বস্তু দ্রবণ হইতে কিছু লীন-তাপ শোষণ করিয়া দ্রবীভূত হয়। এক্ষেত্রে চিনিও দ্রবণ হইতে লীন-তাপ শোষণ করিবে। সুতরাং ক্যালরিমিটারের পরীক্ষা সংক্রান্ত শর্ত পূরণ হইবে না এবং বর্জিত তাপ ও গৃহীত তাপের সম্পর্ক বজায় থাকিবে না।

(*b*) প্রত্যেক রাসায়নিক ক্রিয়াতেই কিছু তাপের উদ্ভব বা শোষণ হয়। ক্যালরিমিটারের অভ্যন্তরস্থ তরল ও কঠিন পদার্থের ভিতর রাসায়নিক ক্রিয়া হইলে কিছু তাপের উদ্ভব হইবে বা শোষণ হইবে এবং এই তাপ হিসাবে আসিবে না। অতএব ক্যালরিমিটারে বর্জিত ও গৃহীত তাপের সম্পর্ক বজায় থাকিবে না।

(*c*) ক্যালরিমিটারকে খোলা বায়ুতে টেবিলের উপর রাখিয়া দিলে উত্তপ্ত বস্তু হইতে কিছু তাপ বিকিরণের দরুন নষ্ট হইয়া যাইবে এবং এই তাপ শীতল বস্তু গ্রহণ করিবে না। সুতরাং ক্যালরিমিটারের পরীক্ষা সংক্রান্ত শর্ত পূরণ হইবে না।

প্রশ্ন ৬। তোমাকে একটি থার্মোমিটার দেওয়া হইল যাহাতে 50°C হইতে 100°C দাগ কাটা আছে এবং কিছু জল দেওয়া হইল

যাহার তাপমাত্রা 20°C-এর কম। অন্য কোন থার্মোমিটার ব্যবহার না করিয়া ঐ জলের তাপমাত্রা কিরূপে নির্ণয় করিবে বর্ণনা কর।

[Suppose you are given a thermometer reading only from 50°C to 100°C and some water of which the temperature is below 20°C. Describe an experiment how, without using another thermometer, you would determine roughly, the temperature of the water.]

উঃ। জানা ওজনের একটি ক্যালরিমিটারে ঐ জল রাখিয়া পুনরায় উহা ওজন কর। ইহা হইতে জলের ওজন পাওয়া যাইবে। একটি পাত্রে আলাদা করিয়া কিছু জল ফুটাও। থার্মোমিটার দিয়া ঐ ফুটন্ত জলের তাপমাত্রা দেখিয়া রাখ। ইহা প্রায় 100°C এর কাছাকাছি হইবে। এইবার থার্মোমিটারটি ক্যালরিমিটারের জলে রাখ এবং ক্যালরিমিটারকে একটি অপরিবাহী পাত্রের মধ্যে রাখ যাহাতে তাপক্ষয় নিবারিত হয়। ঐ ফুটন্ত জল হইতে একটু একটু করিয়া জল ক্যালরিমিটারের ঠাণ্ডা জলে মিশাও এবং নাড়িতে থাক। ক্যালরিমিটারের জলের তাপমাত্রা বাড়িতে থাকিবে। থার্মোমিটারে এই তাপমাত্রার প্রতি লক্ষ্য রাখ। যখন তাপমাত্রা 50°C এবং 100°C-এর মধ্যবর্তী কোনও স্থানে আসিবে—ধর 70°C—তখন ফুটন্ত জল মিশান বন্ধ কর এবং চূড়ান্ত তাপমাত্রা দেখিয়া রাখ। জলসহ ক্যালরিমিটার পুনরায় ওজন কর। এই ওজন হইতে দ্বিতীয় ওজন বিয়োগ করিলে কতখানি ফুটন্ত জল মিশানো হইল তাহা জানা যাইবে।

গণনা :

ধর, খালি ক্যালরিমিটারের ওজন $= m_1$ gms

ক্যালরিমিটারের উপাদানের আপেক্ষিক তাপ $=$ S

ঠাণ্ডা জলের ওজন $= m_2$ gms

উহার প্রাথমিক তাপমাত্রা (যাহা নির্ণয় করিতে হইবে) $= t$°C

ফুটন্ত জলের ওজন $= m_3$ gms

ফুটন্ত জলের প্রাথমিক তাপমাত্রা $=$ 100°C

মিশ্রণের চূড়ান্ত তাপমাত্রা $=$ 70°C (ধর)

এখন, ফুটন্ত জল কর্তৃক বর্জিত তাপ $= m_3(100-70)$

$$=30 \times m_3 \text{ cal.}$$

ক্যালরিমিটার কর্তৃক গৃহীত তাপ $= m_1S(70-t)$ cal

ঠাণ্ডা জল " " " $= m_2(70-t)$ cal

যেহেতু গৃহীত তাপ = বর্জিত তাপ

কাজেই, $m_1S(70-t)+m_2(70-t)=30 \times m_3$

$$\therefore \quad 70-t=\frac{30 \times m_3}{m_1S+m_2}$$

$$\therefore \quad t=70-\frac{30 \times m_3}{m_1S+m_2}$$

উপরোক্ত সমীকরণ হইতে t-এর মান সহজে নির্ণয় করা যাইবে।

প্রশ্ন ৭। তোমাকে একটি পারদ থার্মোমিটার দেওয়া হইল এবং বলা হইল একটি চুল্লীর তাপমাত্রা নির্ণয় কর। তুমি কি পদ্ধতি অবলম্বন করিবে ?

[You are given a mercury thermometer and asked to ascertain the temperature of a furnace What process will you adopt ?]

উঃ। চুল্লীর তাপমাত্রা খুব উচ্চ—কোন কোন ক্ষেত্রে উহা হাজার ডিগ্রী সেন্টিগ্রেডেরও বেশী। অথচ পারদ থার্মোমিটার সর্বাধিক যে-তাপমাত্রা নির্ণয় করিতে সক্ষম তাহা 100°C-এর কাছাকাছি। সুতরাং পারদ থার্মোমিটার দ্বারা সরাসরি চুল্লীর তাপমাত্রা নির্ণয় সম্ভব নয়। কিন্তু এই উচ্চ তাপমাত্রা সহজে এবং মোটামুটি নির্ভুলভাবে নির্ণয় করা যায় ক্যালরিমিতির প্রয়োগ দ্বারা। ইহার জন্য এমন একটি কঠিন বস্তুর প্রয়োজন যাহার গলনাঙ্ক উক্ত তাপমাত্রা অপেক্ষা বেশী—অর্থাৎ ঐ চুল্লীতে কঠিন বস্তুটি রাখিলে উহা গলিয়া যাইবে না। তাছাড়া বস্তুটির আপেক্ষিক তাপ জানা থাকিতে হইবে।

প্রথমে কঠিন বস্তুটি ওজন করিতে হইবে এবং পরে বস্তুটিকে চুল্লীর ভিতর রাখিতে হইবে। বস্তুটি উত্তপ্ত হইয়া কিছুক্ষণ পরে চুল্লীর তাপমাত্রা পাইবে।

ইতিমধ্যে একটি ক্যালরিমিটার আলোড়ক সহ ওজন কর এবং ক্যালরিমিটারের দুই-তৃতীয়াংশ ঠাণ্ডা জলে ভর্তি করিয়া ওজন লও। পারদ থার্মোমিটার দ্বারা ঐ জলের তাপমাত্রা দেখ। ইতিমধ্যে চুল্লীতে রক্ষিত কঠিন বস্তুটি চুল্লীর তাপমাত্রা লাভ করিবে। যে-কোন সুবিধামত ব্যবস্থার সাহায্যে এইবার বস্তুটিকে ক্যালরিমিটারের জলে নিক্ষেপ করিতে হইবে। অবশ্য, ক্যালরিমিটারটিকে কোন তাপ নিবারক (যেমন ফেল্ট) বস্তু দ্বারা আবৃত করিয়া রাখিতে হইবে কারণ তাহাতে তাপক্ষয় বন্ধ হইবে। এখন আলোড়কের সাহায্যে জল নাড়িতে থাক এবং পারদ থার্মোমিটার দ্বারা তাপমাত্রা লক্ষ্য করিতে থাক। এস্থলে উত্তপ্ত বস্তু জল ও ক্যালরিমিটারকে তাপ প্রদান করিবে। ফলে জলের তাপমাত্রা বৃদ্ধি পাইবে। যখন তাপমাত্রা আর বাড়িবে না তখন সেই চূড়ান্ত তাপমাত্রা দেখিয়া রাখ। অতঃপর ৪নং প্রশ্নে যে ভাবে গণনা করা হইয়াছে ঐ ভাবে গণনা করিতে হইবে। ঐ গণনাতে কঠিন বস্তুর যে প্রাথমিক তাপমাত্রা t_1°C ধরা হইয়াছে উহাই চুল্লীর তাপমাত্রা। সুতরাং ঐ গণনার সাহায্যে দেখা যায়

$$mS(t_1-t)=W(t-t_2)+m_1(t-t_2)$$

$$\text{or,}\quad t_1-t=\frac{W(t-t_2)+m_1(t-t_1)}{mS}$$

$$\therefore\quad t_1=\frac{W(t-t_2)+m_1(t-t_2)}{mS}+t.$$

প্রশ্ন ৮। লীনতাপ কখন গৃহীত হয়? কখন উহা বর্জিত হয়? একটি মস্তবড় বরফ-খণ্ডের একটি গর্তে অল্প জল রাখা হইল। ঐ জল কি জমিয়া যাইবে? তোমার উত্তরের কারণ ব্যাখ্যা কর।

[When is latent heat absorbed? When is it emitted? A small quantity of water is placed in a hole in a large block of melting ice. Will it freeze? Give reasons for your answer.] **[H. S. (Comp.), 1963]**

উঃ। যখন কঠিন পদার্থ তরলে বা তরল পদার্থ বাষ্পে পরিণত হয় তখন ঐ কঠিন পদার্থ বা তরল পদার্থ লীন তাপ গ্রহণ করে। আবার, যখন বাষ্প

তরল পদার্থে বা তরল পদার্থ কঠিনে পরিণত হয় তখন লীনতাপ বর্জিত হয়। যেমন, বরফ জলে পরিণত হইবার সময় প্রতি গ্রামে 80 calorie তাপ গ্রহণ করিবে এবং উহাই বরফ-গলনের লীনতাপ। তেমনি জল জমিয়া বরফে পরিণত হইবার সময় প্রতি গ্রামে 80 calorie তাপ বর্জন করিবে।

বরফের তাপমাত্রা 0°C ; জল জমিয়া বরফে পরিণত হইতে হইলে জলকে শুধু 0°C তাপমাত্রায় আনিলেই হইবে না। ঐ জলের প্রতি গ্রাম হইতে 80 calorie তাপ নিষ্কাশন করিতে হইবে।

সুতরাং বরফের গর্তে জল রাখিলে ঐ জল কখনও জমিবে না; কারণ জলের তাপমাত্রা হ্রাস পাইয়া 0°C হইবে। কিন্তু তাহার পর প্রতি গ্রাম হইতে 80 calorie তাপ নিষ্কাশন করিবার মত নিম্ন তাপমাত্রা বরফের নাই।

প্রশ্ন ৯। বাষ্পীভবনের লীনতাপ কাহাকে বলে? স্টীমের লীনতাপ 537 calorie বলিতে কি বোঝ?

এক বীকার জল ঘরের টেবিলে রাখা আছে। বায়ুমণ্ডলীয় চাপে ঐ জলে স্টীম পাঠাইয়া জলকে ফুটানো যাইবে কি? তোমার উত্তরের কারণ বর্ণনা কর।

[What is latent heat of vapourisation ? 'Latent heat of steam is 537 calories'—What do you mean by it ?

A beaker of water is kept on a table in a room. Can this water be made to boil by passing steam through it at atmospheric pressure ? Give reasons for your answer.]

[H. S. Exam., 1965]

উঃ। কিছু পরিমাণ জল লইয়া উহাকে তাপ প্রয়োগে উষ্ণ কর। জলের তাপমাত্রা ক্রমশ বৃদ্ধি পাইবে। এই তাপমাত্রা থার্মোমিটারের সাহায্যে লক্ষ্য করা যাইবে। জলের তাপমাত্রা ক্রমশ বৃদ্ধি পাইতে পাইতে যখন 100°C হইবে, তখন দেখা যাইবে জলের তাপমাত্রা আর বৃদ্ধি পাইতেছে না কিন্তু জল তাপ গ্রহণ করিয়া স্টীমে পরিণত হইতেছে। অর্থাৎ এই তাপের বাহ্যিক প্রকাশ হইল না কিন্তু ইহা জলকে তরল হইতে স্টীমে পরিণত করিতে সাহায্য করিল। তাপমাত্রার পরিবর্তন না করিয়া তরল হইতে বাষ্পে পরিণত করিবার

জন্য যে তাপের প্রয়োজন হয় তাহাকে ঐ তরলের বাষ্পীভবনের লীনতাপ বলে।

পরিমাণমূলকভাবে বলা যায়, তাপমাত্রার পরিবর্তন না করিয়া একক ভরের কোন তরলের বাষ্পীভবনের জন্য প্রয়োজনীয় তাপ ঐ তরলের লীনতাপেব সমান।

স্টীমের লীনতাপ প্রতি গ্রামে 537 ক্যালরি। ইহার অর্থ, 100°C তাপমাত্রার 1 gm. জলকে স্টীমে পরিণত করিতে 537 ক্যালরি তাপ প্রয়োজন।

শেষাংশ : বায়ুমণ্ডলের চাপে স্টীমের তাপমাত্রা 100°C , কাজেই ঐ স্টীম জলে পাঠাইলে জলের তাপমাত্রা ক্রমে ক্রমে বৃদ্ধি পাইয়া 100°C হইবে। তারপর জল ও স্টীমের ভিতর তাপের আদান-প্রদান বন্ধ হইয়া যাইবে , কারণ আমরা জানি দুই বস্তুর একই তাপমাত্রা হইলে, উহাদের ভিতর তাপের আদান-প্রদান হয় না। কিন্তু তাপমাত্রা 100°C হইলেই জল ফুটিবে না; কারণ জল ফুটাইতে গেলে প্রতি গ্রাম জলে 537 calorie লীনতাপ সরবরাহ করিতে হইবে। যেহেতু, 100°C তাপমাত্রা হইবার পর স্টীম হইতে জল আর তাপ শোষণ করিবে না, সেই হেতু জলের পক্ষে অবস্থা পরিবর্তনের জন্য ঐ লীনতাপ সংগ্রহ করা সম্ভব হইবে না। তাই, জল ফুটিতে পারিবে না।

অঙ্ক

1. নিম্নলিখিত ক্ষেত্রে কত তাপ গৃহীত হইবে নির্ণয় কর :—

(a) 75 gms. জলকে 16°C হইতে 100°C পর্যন্ত উত্তপ্ত করিলে

(b) 36 lbs ,, 60°F ,, 212°F ,, ,, ,,

উঃ। আমরা জানি, গৃহীত তাপ $= m \times s \times (t_2 - t_1)$

(i) এক্ষেত্রে, $m = 75$ gms ; $s = 1$; $t_1 = 16°C$; $t_2 = 100°C$.

সুতরাং গৃহীত তাপ $= 75 \times 1 \times (100 - 16)$

$= 75 \times 84$ cal.

$= 6300$ cal.

(ii) এক্ষেত্রে, $m=36$ lb. $s=1$; $t_1=60°F$; $t_2=212°F$.

সুতরাং গৃহীত তাপ $=36\times1\times(212-60)$

$=36\times152$ B. Th. U.

$=5472$ B Th. U.

2. নিম্নলিখিত ক্ষেত্রে চূড়ান্ত তাপমাত্রা কত হইবে নির্ণয় কর :—

(i) 99°C তাপমাত্রায় 250 gms. জলের সহিত 15°C তাপমাত্রায় 200 gms. জল মিশাইলে ;

(ii) 5 gallons জল (তাপমাত্রা 40°F) ও 20 gallons জল (তাপমাত্রা 200°F) মিশাইলে।

উঃ। (i) ধর, t°C চূড়ান্ত তাপমাত্রা। উষ্ণ জল তাপ বর্জন করিবে এবং ঠাণ্ডা জল উহা গ্রহণ করিবে। এখন,

উষ্ণ জল কর্তৃক বর্জিত তাপ $=250(99-t)$ cal.

ঠাণ্ডা „ „ গৃহীত „ $=200(t-15)$ „

$\therefore\ 250(99-t)=200(t-15)$

অথবা, $5(99-t)=4(t-15)$

অথবা, $9t=555$

$\therefore\ t=61{\cdot}66°C.$

(ii) ধর, চূড়ান্ত তাপমাত্রা t°F ;

এক্ষেত্রে, উষ্ণ জল কর্তৃক বর্জিত তাপ $=20\times(200-t)$ B. Th. U.

ঠাণ্ডা „ „ গৃহীত „ $=5(t-40)$

$\therefore\ 20\ 200-t)=5(t-40)$

অথবা $800-4t=t-40$

অথবা $5t=840$

$\therefore\ t=168°F.$

3. একটি ক্যালরিমিটারে 16°C তাপমাত্রায় 100 gms. জল আছে। উহাতে 45°C তাপমাত্রার 50 gms. জল মিশানো হইল। মিশ্রণের চূড়ান্ত তাপমাত্রা 25·2°C হইলে, ক্যালরিমিটারে জল-সম কত নির্ণয় কর।

[A calorimeter contains 100 gms. of water at 16°C. To it are added 50 gms. of water at 45°C. If the final temperature

of the mixture be 25·2°C, calculate the water equivalent of the calorimeter.]

উঃ। ধর, ক্যালরিমিটারের জল-সম = W gms.

এখন, ক্যালরিমিটার কর্তৃক গৃহীত তাপ = W (25·2 – 16) cal.

$= 9{\cdot}2 \times W$ cal.

ক্যালরিমিটারের ঠাণ্ডা জল কর্তৃক গৃহীত তাপ = 100 (25·2—16) = 920 cal.

উষ্ণ জল কর্তৃক বর্জিত তাপ = 50 (45—25·2) cal.

$= 50 \times 19{\cdot}8$ cal.

$\therefore\ 920 + 9{\cdot}2 \times W = 50 \times 19{\cdot}8$

বা, $W = \frac{50 \times 19{\cdot}8 - 920}{9{\cdot}2} = \frac{70}{9{\cdot}2} = 7{\cdot}6$ gms (প্রায়)

4. একটি তামার ক্যালরিমিটারের ওজন 36·62 gms. উহাতে 48·79 gms. জল ঢালা হইল। জলের তাপমাত্রা 11°C এবং 27·6 gms. ওজনের একটি এ্যালুমিনিয়ামের টুকরাকে 95·5°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিয়া ঐ জলে ফেলা হইল। জলের চূড়ান্ত তাপমাত্রা 20·5°C হইলে এ্যালুমিনিয়ামের আপেক্ষিক তাপ কত হইবে? [তামার আঃ তাঃ = 0·1]

[A copper calorimeter weighs 36·62 gms. 48·79 gms. of water are poured into it. The temperature of water is 11°C and a piece of aluminium weighing 27·6 gms. is dropped into it after being heated to a temperature of 95·5°C. If the final temperature of the mixture is 20·5°C, find the sp. heat of aluminium. Sp. heat of copper = 0·1]

উঃ। উত্তপ্ত এ্যালুমিনিয়ামের টুকরা কর্তৃক বর্জিত তাপ

$= 27{\cdot}6 \times s(95{\cdot}5 - 20{\cdot}5)$

$= 27{\cdot}6 \times 75 \times s$ cal.

ক্যালরিমিটার ও জল কর্তৃক গৃহীত তাপ

$= 36{\cdot}62 \times 0{\cdot}1 \times (20{\cdot}5 - 11) + 48{\cdot}79(20{\cdot}5 - 11)$

$= (20{\cdot}5 - 11)(3{\cdot}662 + 48{\cdot}79)$

$= 9{\cdot}5 \times 52{\cdot}452$ cal.

$\therefore\ 27{\cdot}6 \times 75 \times s = 9{\cdot}5 \times 52{\cdot}452.$

$\therefore\ s = \frac{9{\cdot}5 \times 52{\cdot}452}{27{\cdot}6 \times 75} = 0{\cdot}24.$

5. 200 gm. ভরের একখণ্ড সীসাকে 100°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিয়া তরলপূর্ণ একটি পাত্রে ফেলা হইল। ঐ তরলের ওজন 200 gm. এবং আপেক্ষিক তাপ 0·5. যদি তরলের প্রাথমিক তাপমাত্রা 0°C হয় তবে উহার চূড়ান্ত তাপমাত্রা নির্ণয় কর। পাত্রটি কোন তাপ লয় নাই মনে করিতে হইবে। সীসার আ: তা:=·03.

[200 gms. of lead are heated to 100°C and dropped into a vessel containing 200 gms. of liquid of sp. heat 0·5. If the initial temperature of the liquid were 0°C, find its final temperature, assuming that the vessel does not absorb any heat. sp. heat of lead = ·03.] [H. S. Exam., 1960]

উঃ। ধর, চূড়ান্ত তাপমাত্রা $= t°C$

সীসা কর্তৃক বর্জিত তাপ $= 200 \times \cdot03 \times (100 - t)$ cal.

তরল „ গৃহীত „ $= 200 \times 0\cdot5 \times (t - 0)$

যেহেতু, গৃহীত তাপ = বর্জিত তাপ

কাজেই, $200 \times 0\cdot5 \times t = 200 \times \cdot03 \times (100 - t)$

বা $\cdot5t = \cdot03(100 - t)$

বা $5t = 30 - \cdot3t$

$\therefore\ t = \frac{30}{5\cdot3} = 5\cdot66°C$

6. 1 lb বিশেষ ধরনের জ্বালানী দহন করিলে 10.000 B. Th. U. তাপ সৃষ্টি হয়। 50 gallons জলের তাপমাত্রা 92°F হইতে স্ফুটনাঙ্ক পর্যন্ত বৃদ্ধি করিতে কত জ্বালানীর প্রয়োজন হইবে? (1 gallon জলের ওজন 10 lbs.)

[When 1 lb. of a certain fuel is burned, 10,000 B. Th. U. of heat are evolved. What quantity of fuel will be required to raise the temperature of 50 gallons of water from 92°F to the boiling point ? 1 gallon of water weighs 10 lbs.]

[H. S. Exam., 1966]

উঃ। 1 gallon জলের ওজন 10 lbs. হইলে 50 gallons জলের ওজন = 500 lbs.

জলের তাপমাত্রা বৃদ্ধি $= 212 - 92 = 120°F$.

অতএব, জলের তাপমাত্রা বৃদ্ধির জন্য প্রয়োজনীয় তাপ

$$=500\times 120 \text{ B. Th. U.}$$

$$\text{জ্বালানীর পরিমাণ}=\frac{500\times 120}{10{,}000}=6 \text{ lbs.}$$

7. 70°C তাপমাত্রায় 40 gms. জলের সহিত 10°C তাপমাত্রায় 120 gms. জল মিশাইলে মিশ্রণের চূড়ান্ত তাপমাত্রা 25°C হইবে প্রমাণ কর।

[Prove that if 40 gms. of water at 70°C are mixed with 120 gms of water at 10°C the final temperature of the mixture is 25°C.]

উঃ। উষ্ণ জল কর্তৃক বর্জিত তাপ $=40(70-t)$ cal.

[t°C = চূড়ান্ত তাপমাত্রা]

ঠাণ্ডা জল কর্তৃক গৃহীত তাপ $=120(t-10)$ cal.

$$\therefore \quad 40(70-t)=120(t-10)$$

$$\text{Or,} \quad 70-t=3t-30$$

$$\therefore \quad 4t=100$$

$$\text{Or,} \quad t=25°\text{C}.$$

8. 100 gms. ওজনের একটি বস্তুকে 122°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিয়া দ্রুত একটি তামার ক্যালরিমিটারে রক্ষিত জলে ফেলা হইল। জলের ওজন 300 gms. এবং তাপমাত্রা 28°C; ক্যালরিমিটারের ওজন 50 gms; মিশ্রণের চূড়ান্ত তাপমাত্রা হইল 30°C; যদি তামার আপেক্ষিক তাপ 0·09 হয় তবে ঐ বস্তুর উপাদানের আপেক্ষিক তাপ কত?

[A body of mass 100 gms is heated to 122°C and is quickly dropped into 300 gms. of water at 28°C, contained in a copper calorimeter of mass 50 gms. The final common temperature attained is 30°C. If the sp. heat of copper be 0·09, calculate that of the material of the body.] [H. S. (Comp.) 1962]

উঃ। ধর, বস্তুর উপাদানের আপেক্ষিক তাপ $=S$

এখন, উত্তপ্ত বস্তু কর্তৃক বর্জিত তাপ $=100\times S\times(122-30)$

$$=100\times 92\times S=9200\times S \text{ cal.}$$

এবং ক্যালরিমিটার কর্তৃক গৃহীত তাপ $=50\times\cdot09\times(30-28)$

$$=100\times\cdot09=9 \text{ cal.}$$

জল ,, ,, ,, $=300\times(30-28)=600$ cal.

যেহেতু বর্জিত তাপ = গৃহীত তাপ

$$9200\times S=600+9=609$$

$$\therefore\quad S=\frac{609}{9200}=\cdot066$$

9. একটি ঘরের মাপ 5 metres × 4 metres × 4 metres, ঘরের বায়ুর ঘনত্ব 1·2 gms/litre; বায়ুর আপেক্ষিক তাপ 0·24 হইলে, ঐ ঘরের বায়ুর তাপমাত্রা 5°C বৃদ্ধি করিতে হইলে কত তাপের প্রয়োজন হইবে?

[A room measures 5 metres × 4 metres × 4 metres. The density of air in the room is 1·2 gms./litre. If the specific heat of air is 0·24, how much heat will be required to raise the temperature of the air in the room by 5°C?]

[H. S. (Comp.), 1964]

উ: ; ঘরের বায়ুর আয়তন $=5\times4\times4=80$ cu. metres $=80\times10^6$ c.c.

$$=80\times10^3 \text{ litres.}$$

$\therefore$ ঐ বায়ুর ভর $=80\times10^3\times1\cdot2=96\times10^3$ gms.

কাজেই, প্রয়োজনীয় তাপ = বায়ুর ভর × আ: তা: × তাপমাত্রা বৃদ্ধি

$$=96\times10^3\times0\cdot24\times5 \text{ calories}$$

$$=115\cdot2\times10^3 \text{ calories.}$$

10. 90°C তাপমাত্রায় 200 gms. ওজনের একখণ্ড অ্যালুমিনিয়ামকে 10°C তাপমাত্রায় রক্ষিত 108 gms. জলে ফেলা হইল। ঐ জল 12 gms. জল-সম সম্পন্ন একটি ক্যালরিমিটারে । র চূড়ান্ত তাপমাত্রা নির্ণয় কর। [অ্যালুমিনিয়ামের আ: তা: = 0·24]

[A piece of aluminium weighing 200 gms. and at temperature 90°C is dropped into 108 gms. of water at 10°C, the water being contained in a calorimeter of water-equivalent 12 gms. Find the final temperature of water. Sp. heat of aluminium = 0·24]

উঃ। ধর, চূড়ান্ত তাপমাত্রা t°C.

এখন, উত্তপ্ত এ্যালুমিনিয়াম কর্তৃক বর্জিত তাপ $=200\times\cdot24(90-t)$

$=48(90-t)$ cal.

ক্যালরিমিটার কর্তৃক গৃহীত তাপ $=12(t-10)$ cal.

ক্যালরিমিটারের জল " " $=108(t-10)$ "

$\therefore\quad 48(90-t)=12(t-10)+108(t-10)$

$=120(t-10)$

বা, $2(90-t)=5(t-10)$

বা, $7t=230$

$\therefore\quad t=32.85°C.$

11. 50 gms. জল-সম যুক্ত একটি ধাতব পাত্রে 300 gms. জল আছে। জলের প্রাথমিক তাপমাত্রা 20°C; প্রতি সেকেণ্ডে 100 calorie তাপ সরবরাহ করিতে পারে এরূপ একটি বুনসেন বার্ণার দ্বারা ঐ জলকে উত্তপ্ত করা হইল। জলের তাপমাত্রা 60°C করিতে কত সময় লাগিবে ?

[A vessel of water-equivalent 50 gms. contains 300 gms. of water at 20°C. A Bunsen berner, adjusted to supply 100 calories per second is used to heat the vessel. Calculate the time taken to raise the temperature of water to 60°C.]

উঃ। জলকে 20°C হইতে উত্তপ্ত করিয়া 60°C করিতে প্রয়োজনীয় তাপ

$=52\times40+300\times40$

$=2000+12000$

14,000 cal.

অতএব, প্রয়োজনীয় সময় $=\frac{14000}{100}=140$ sec, $=2$ min. 20 sec.

12. একটি এ্যালুমিনিয়াম ক্যালরিমিটারের ওজন 28·4 gms. এবং উহাতে কিছু জল ঢালাতে ওজন হইল 80·7 gms; একটি 79·6 gms. ওজনের এ্যালুমিনিয়াম চোঙ্‌কে 98·8°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিয়া ক্যালরিমিটারের জলে ফেলা হইল। জলের তাপমাত্রা 15·2°C হইতে বৃদ্ধি পাইয়া 34°C হইল। এ্যালুমিনিয়ামের আপেক্ষিক তাপ ও ক্যালরিমিটারের জল-সম নির্ণয় কর।

[A calorimeter made of aluminium weighs 28·4 gms. and it weighs 80·7 gms. when some water is poured in it. An

aluminium cylinder weighing 79·6 gms. is heated up to 98·8°C and is then dropped into the calorimeter. The temperature of the water rose from 15·2°C to 34°C. Find the sp. heat of aluminium and the water-equivalent of the calorimeter.)

উঃ। ঠাণ্ডা জলের ওজন $= 80·7 - 28·4 = 52·3$ gms.

ধর, এ্যালুমিনিয়ামের আঃ তাঃ $= s$

এখন, উত্তপ্ত এ্যালুমিনিয়াম চোঙ, কর্তৃক বর্জিত তাপ

$= 79·6 \times s \times (98·8 - 34)$ cal.

$= 79·6 \times 64·8 \times s$

ক্যালরিমিটার কর্তৃক গৃহীত তাপ $= 28·4 \times s \times (34 - 15·2)$ cal.

$= 28·4 \times 18·8 \times s$

ক্যালরিমিটারের জল কর্তৃক গৃহীত তাপ $= 52·3(34 - 15·2)$ cal.

$= 52·3 \times 18·8$

$\therefore \quad 79·6 \times 64·8 \times s = 28·4 \times 18·8 \times s + 52·3 \times 18·8$

Or, $s(79·6 \times 64·8 - 28·4 \times 18·8) = 52·3 \times 18·8$

Or, $4613·16 \times s = 983·24$

$\therefore \quad s = \frac{983·24}{4613·16} = 0·21$ (প্রায়)

সুতরাং এ্যালুমিনিয়াম ক্যালরিমিটারের জল-সম $= 28·4 \times 0·21$

$= 5·964$ gms.

13. 100 gms. জলের সহিত কত বরফ মিশাইলে জলের তাপমাত্রা 60° হইতে 20°C হইবে ?

[How much ice is to be mixed with 100 gms. of water to bring down its temperature from 60°C to 20°C ?]

উঃ। জলের তাপমাত্রা হ্রাসের জন্য বর্জিত তাপ $= 100 \times (60 - 20)$

$= 4000$ cal.

এখন ঐ তাপ বরফকে গলাইবে এবং বরফ-গলা জলের তাপমাত্রা 0°C হইতে 20°C পর্যন্ত বৃদ্ধি করিবে। ধর, প্রয়োজনীয় বরফের পরিমাণ $= m$ gms.

ঐ বরফকে গলাইবার জন্য প্রয়োজনীয় তাপ $= m \times 80$ cal.

এবং ঐ জলের তাপমাত্রা 0°C হইতে 20°C পর্যন্ত বৃদ্ধি করিত প্রয়োজনীয় তাপ $= m \times 20$ cal.

$\therefore \quad m \times 80 + m \times 20 = 4000$ cal. Or, $m = \frac{4000}{100} = 40$ gms.

14. —10°C তাপমাত্রার 5 gms. বরফ 39°C তাপমাত্রার 20 gms. জলের ভিতর ফেলা হইল সমস্ত বরফ গলিবে কি? গলিলে, মিশ্রণের চূড়ান্ত তাপমাত্রা কত হইবে? বরফের আ: তাপ=0·5; বরফ-গলনের লীন-তাপ=80 cal.

(5 gms of ice at −10°C are mixed with 20 gms. of water at 39°C. Will all ice melt? If so, what is the final temperature of the mixture? Sp. heat of ice=0·5 and latent heat of fusion of ice =80 cal.)

উঃ। বরফ সম্পূর্ণ গলিবার জন্য প্রয়োজনীয় তাপ$=5\times0{\cdot}5\times10+5\times80$

$=25+400=425$ cal.

যদি এই তাপ জল হইতে পাওয়া যায় তবেই বরফ গলিবে। এখন, 20 gms. জলের তাপমাত্রা 39°C হইতে 0°C হইলে বর্জিত তাপ$=20\times39=780$ cal.

অতএব সব বরফ গলিবে। যে তাপ অবশিষ্ট থাকিবে তাহা বরফ-গলা জলের তাপমাত্রা বৃদ্ধি করিবে।

পূর্বে দেখিয়াছি যে বরফ গলিতে মোট তাপ=425 cal.

বরফ-গলা জলের তাপমাত্রা t°C বৃদ্ধি করিতে প্রয়োজনীয় তাপ$=5\times t$ cal.

অতএব মোট গৃহীত তাপ$=425+5\times t$ cal.

উষ্ণ জল কর্তৃক বর্জিত তাপ$=20(39-t)=780-20t$ cal.

$$\therefore\ 425+5\times t=780-20\times t$$

$$\text{Or,}\ 25\times t=355$$

$$\text{Or,}\ t=\frac{355}{25}=14{\cdot}2^\circ\text{C}.$$

15. 16 gms. ওজনের একটি লোহার টুকরাকে 112·5°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিয়া বড় একটি বরফের টুকবার গর্তের মধ্যে ফেলা হইল। ইহাতে 2·5 gms. বরফ গলিয়া গেল। বরফের লীন-তাপ 80 cal. হইলে, লোহার আ: তাপ কত?

(A piece of iron weighing 16 gms. is dropped at a temperature of 112·5°C into a cavity in a block of ice. It melts 2·5 gms. of ice. If the latent heat of fusion of ice is 80 cal., find the sp. heat of iron.)

উঃ। যেহেতু লোহার টুকরাটি বরফের সংস্পর্শে আছে এবং সমস্ত বরফ গলে নাই সেই হেতু চূড়ান্ত তাপমাত্রা 0°C.

এখন, 2·5 gms. বরফ গলিবার জন্য প্রয়োজনীয় তাপ $=2{\cdot}5\times80=200$ cal.

এই তাপ আসিয়াছে উত্তপ্ত লোহার টুকরা হইতে। ঐ টুকরার তাপমাত্রা 112·5°C হইতে 0°C হ্রাস পাইলে বর্জিত তাপ $=16\times S\times112{\cdot}5$ cal.

$$\therefore\ 16\times S\times112{\cdot}5=200$$

$$\text{Or,}\quad S=\frac{200}{16\times112{\cdot}5}=0{\cdot}11$$

16. 1 kilogram বরফ এবং 1 kilogram জলের মিশ্রণের ভিতর 100 gms স্টীম পাঠানো হইল। সমস্ত স্টীমই তরলে পরিণত হইলে কত বরফ গলিবে? মিশ্রণের প্রাথমিক ও চূড়ান্ত তাপমাত্রা কি হইবে কারণসহ বর্ণনা কর।

(100 gms. of steam are passed through a mixture of 1 kilogram of ice and 1 kgm. of water and the whole of the steam condensed. Give, with reasons, the initial and the final temperatures. How much ice will melt ? Latent heat of fusion of ice=80 cal/gm ; Latent heat of condensation of steam =540 cal/gm.) [H. S. Exam. , 1964]

উঃ। যেহেতু, মিশ্রণে জল এবং বরফ আছে, কাজেই মিশ্রণের প্রাথমিক তাপমাত্রা 0°C হইবে। কারণ বরফের সর্বনিম্ন তাপমাত্রা হইল 0°C.

এখন 100 gms. স্টীম জলে পরিণত হইলে, পরিত্যক্ত তাপ

$$=100\times540=54{,}000\ \text{cal.}$$

ঐ জল 100°C হইতে 0°C তাপমাত্রায় হ্রাস পাইলে পরিত্যক্ত তাপ

$$=100\times100=10{,}000\ \text{cal.}$$

সুতরাং মোট পরিত্যক্ত তাপ $=54{,}000+10{,}000=64{,}000$ cal.

আমরা জানি. 1 gm. বরফ গলিবার প্রয়োজনীয় তাপ $=80$ cal.

সুতরাং যে পরিমাণ বরফ গলিবে তাহা $=\frac{64{,}000}{80}=800$ gms.

কিন্তু মিশ্রণে বরফের পরিমাণ আছে 1 kilogram, সুতরাং (1000 − 800) 200 gms. বরফ মিশ্রণে থাকিয়া যাইবে। অতএব মিশ্রণের চূড়ান্ত তাপমাত্রাও 0°C হইবে।

17. 100°C তাপমাত্রার 100 gms. স্টীম হইতে 64,800 calories তাপ নিষ্কাশন করিয়া লইলে কল কি হইবে? (স্টীমের লীনতাপ $=540$ cal/gm. ; বরফ গলনের লীনতাপ $=80$ cal/gm.)

[If 64,800 calories of heat are withdrawn from 100 gm. of steam at 100°C what will be the result? Latent heat of steam = 540 cal./gm ; latent heat of fusion of ice = 80 cal/gm.]

[H. S. Exam., 1965]

উঃ। স্টীম হইতে তাপ নিষ্কাশন করিলে প্রথমে উহা 100°C তাপমাত্রার জলে পরিণত হইবে এবং উহার জন্য প্রয়োজনীয় তাপ = 100 × 540 = 54,000 calories.

ইহার পর যে-তাপ নিষ্কাশন করা হইল অর্থাৎ (64,800 − 54,000) = 10,800 cal. তাহার ফলে ঐ জলের তাপমাত্রা হ্রাস পাইবে।

এখন ঐ জলের তাপমাত্রা হ্রাস পাইয়া 0°C হইতে যে-তাপ নিষ্কাশন করিতে হইবে তাহা = 100 × 100 = 10,000 cal.

সুতরাং বাকী যে-তাপ নিষ্কাশন করা হইল- অর্থাৎ (10,800—10,000) = 800 cal. তাহার ফলে ঐ জল জমিয়া বরফে পরিণত হইতে সুরু করিবে। এখন 1 gm. জল বরফে পরিণত হইলে যে-তাপ নিষ্কাশন করিতে হইবে তাহা = 80 cal. সুতরাং, 800 cal. তাপ নিষ্কাশন করিলে 10 gm. বরফ তৈরী হইবে। অর্থাৎ মোট ফল এই যে, 10 gm. বরফ তৈরী হইবে এবং 90 gm. জল 0°C তাপমাত্রায় উহার সহিত থাকিবে।

ী।।

1. নিম্নলিখিত ক্ষেত্রে কত তাপ গৃহীত বা বর্জিত হইবে নির্ণয় কর :—

(*a*) 50 gms. তামাকে (আ: তা: = ·09) —10°C হইতে 40°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিতে।

(*b*) 2 lbs. লোহাকে (আ: তা: = ·15) 120°F হইতে 80°F তাপমাত্রায় শীতল করিতে।

[Calculate the heat absorbed or given out in the following cases :—

(*a*) 50 gms. of copper (sp. heat = ·09) at —10°C are heated to 40°C.

(*b*) 2 lbs. of iron (sp. heat = 0·15) at 120°F are cooled to 80°F.]

[উ: (*a*) 225 cal., (*b*) 12 B. Th. U.]

2. প্রমাণ কর যে 0·1 calorie per gm. per °C আপেক্ষিক তাপ এবং 0·1 B. Th. U. per pound per °F আপেক্ষিক তাপ পরস্পরের সমান।

(Show that a specific heat 0·1 calorie per gm. per °C is the same as 0·1 B. Th U. per pound per °F.)

[H. S. (Comp), 1964]

3. একটি তামার ক্যালরিমিটারের আপেক্ষিক তাপ 0·1 এবং ওজন 150 gms. উহার জল-সম কত? 15°C তাপমাত্রায় 85 gms. জল উহাতে রাখিয়া উহাকে 60°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করা হইল। জল ও ক্যালরিমিটার কত তাপ গ্রহণ করিবে?

[A copper calorimeter weighs 150 gms. and its sp. heat is 0 1. What is its water-equivalent? 85 gms. of water at 15°C are put into and it is heated to 60°C. How much heat will be absorbed by the water and the calorimeter?] [উ: 15 gms. ; 4500 cal]

4. একটি ক্যালরিমিটারে 16°C তাপমাত্রায় 85 gms. জল আছে। 100°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত 80 gms. ওজনের একটি ধাতব টুকরা উহাতে ফেলা হইল। জলের চূড়ান্ত তাপমাত্রা 29·8°C হইলে ক্যালরিমিটারের জল-সম নির্ণয় কর। (ধাতুর আপেক্ষিক তাপ = 0·22)

(A calorimeter contains 85 gms. of water at 16°C. A piece of metal weighing 80 gms. and heated to 100°C is dropped into the water. If the final temperature of the water is 29·8°C, find the water-equivalent of the calorimeter. Sp. heat of the metal = 0·22) [উ: 4·53 gms.]

5. 99°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত এক টুকরা সীসাকে একটি ক্যালরিমিটারের জলে ফেলা হইল। ক্যালরিমিটারের ওজন 40 gms. ও উহার উপাদানের আপেক্ষিক তাপ 0·1. জলের ওজন ও প্রাথমিক তাপমাত্রা যথাক্রমে 200 gms. ও 15°C. জলের চূড়ান্ত তাপমাত্রা 21°C হইলে সীসার জল-সম কত হইবে?

(A piece of lead heated to 99°C is dropped into a calorimeter which weighs 40 gms. and whose sp. heat is 0·1. Mass of water and its initial temperature are 200 gms. and 15°C. If the final temperature of water be 21°C, find the water-equivalent of lead.) [উ: 15·4 gms.]

6. একটি ক্যালরিমিটারে 12·2°C তাপমাত্রায় 129·4 gms. জল আছে। উহাতে 38·6°C তাপমাত্রায় 65·7 gms. জল মিশানো হইল। মিশ্রণের চূড়ান্ত তাপমাত্রা 21°C হইলে ক্যালরিমিটারের জল-সম নির্ণয় কর।

(A calorimeter contains 129·4 gms. of water at 12·2°C. To it are added 65·7 gms. of water at 38·6°C. If the final temperature of the mixture is 21°C, calculate the water-equivalent of the calorimeter.) [উ: 2 gms.]

7. নিম্নলিখিত দুইটি ক্ষেত্রে কোন্‌টিতে বেশী তাপ লাগিবে নির্ণয় কর :—

(a) 1 kg. জলকে 30°C হইতে 100°C পর্যন্ত উষ্ণ করিতে ;

(b) 3 lb জলকে 92°F হইতে 212°F পর্যন্ত উষ্ণ করিতে ?

(1 B. Th. U.=252 calories.)

[Show which of the two following cases requires greater quantity of heat :—(a) 1 kg. of water heated from 30°C to 100°C ; (b) 3 lb. of water heated from 92°F to 212°F. Given 1 B. Th. U.=252 calories.] [H. S. Exam., 1965)

8. 15°C তাপমাত্রার 200 gms. জলে 100°C তাপমাত্রার 100 gms. তামা ফেলাতে জলের তাপমাত্রা 19°C হইল। তামার আপেক্ষিক তাপ কত ?

(100 gms. of copper at 100°C are dropped into 200 gms. of water at 15°C and the temperature of water rose to 19°C. What is the sp. heat of copper ?) [উ: 0·0988]

9. 50 gms. তামা 98°C পর্যন্ত উত্তপ্ত করিয়া একটি ক্যালরিমিটারে ফেলা হইল। উহাতে 100 gms. জল আছে এবং উহার জল-সম 10 gms. ; ক্যালরিমিটারের প্রাথমিক তাপমাত্রা 30°C হইলে, চূড়ান্ত তাপমাত্রা কত হইবে ? (তামার আ: তা:=0·09)

(50 gms. of copper are heated to 98°C and are then dropped into a calorimeter which contains 100 gms. of water. The water-equivalent of the calorimeter is 10 gms. and its initial temperature is 30°C. What will be its final temperature ? Sp. heat of copper=0·09) [উ: 32·7°C (প্রায়)]

10. 18°C-এর 200 gms, জল একটি পাত্রে রাখা আছে, ঐ পাত্রের জল-সম

20 gms.; 100°C-এর 250 gms. জল উহাতে মিশানো হইল। মিশ্রণের চূড়ান্ত তাপমাত্রা কত হইবে?

[200 gms. of water at 18°C are kept in a vessel, having water-equivalent 20 gms. To it are added 250 gms. of water at 100°C. What wlll be the final temperature of the mixture ?]

[উ: 61·6°C]

11. 60°C উষ্ণ 32 gms. জল 12°C উষ্ণ 60 gms. জলে মিশানো হইল। এই মিশ্রণ যে ক্যালরিমিটারে আছে তাহার ওজন 40 gms. ও আপেক্ষিক তাপ 0·1. প্রমাণ কর যে মিশ্রণের অন্তিম তাপমাত্রা 28°C হইবে।

[32 gms. of water at 60°C are mixed with 60 gms. of water at 12°C. The calorimeter which contains the mixture, weighs 40 gms. and has specfic heat 0 1. Prove that the final temperature of the mixture will be 28°C.]

12. 100 gms. জল-সম সম্পন্ন একটি তামার ক্যালরিমিটারে 30°C তাপমাত্রার 1 kilogram জল আছে। প্রতি সেকেণ্ডে 200 cal. তাপ সরবরাহ করিতে পারে এইরূপ একটি অগ্নিশিখার সাহায্যে ঐ পাত্রকে উত্তপ্ত করা হইল। জলকে স্ফুটনাঙ্কে পৌঁছাইতে হইলে কত সময় লাগিবে?

[A copper vessel of water-equivalent 100 gms. contains 1 kilogram of water at 30°C. The vessel receives heat from a flame at the rate of 200 cal. per sec. Find the time required by the water to reach the boiling point.]

[H. S. Exam., 1964] [উ: 6 mnt. 25 sec.]

13. একটি চুল্লীর উষ্ণতা নির্ণয়ের জন্য 100 gms. ওজনের একটি প্লাটিনাম বলকে চুল্লীর মধ্যে রাখা হইল। কিছুক্ষণ পরে উহাকে 10°C উষ্ণ 400 gms. জলে ফেলিলে দেখা গেল যে জলের তাপমাত্রা 20°C হইল। চুল্লীর উষ্ণতা কত? (প্লাটিনামের আ: তা:=0·032)

[In order to ascertain the temperature of a furnace, a platinum ball, weighing 100 gms. is kept in the furnace and after some time was dropped into 400 gms. of water at 10°C. The final temperature of the water was found to be 20°C. What

was the temperature of the furnace? Sp. heat of platinum =0·032.] [উঃ 1270°C]

14. একটি লোহার পাত্রে 25°C তাপমাত্রায় 100 gms. জল আছে। 60°C তাপমাত্রার 50 gms. জল ঐ পাত্রে ঢালা হইল এবং মিশ্রণের তাপমাত্রা 35°C হইল। বিকিরণ অথবা অন্য কোন উপায়ে তাপক্ষয় না হইলে পাত্রের জল-সম নির্ণয় কর। পাত্রের ওজন 238 gms. হইলে লোহার আপেক্ষিক তাপ কত?

[An iron saucepan contains 100 gms. of water at 25°C. 50 gms. of water at 60°C are poured into the pan and the resultant temperature is found to be 35°C. Calculate the water-equivalent of the pan assuming no loss of heat by radiation or otherwise. If the mass of the pan be 238 gms., what is the sp. heat of iron? **[H. S. (Comp.) 1960]** [উঃ 25 gms. ; 0·105]

15. A, B এবং C তিনটি ভিন্ন তরলের তাপমাত্রা যথাক্রমে 15°C, 25°C এবং 35°C; সমভর A এবং B তরল মিশাইলে, মিশ্রণের তাপমাত্রা 21°C হয়। আবার সমভর B এবং C তরল মিশাইলে মিশ্রণের তাপমাত্রা 32°C হয়। প্রমাণ কর A এবং C তরলের আপেক্ষিক তাপের অনুপাত 2 : 7.

[The temperatures of three different liquids A, B and C are 15°C, 25°C and 35°C respectively. On mixing equal masses of A and B, the temperature of the mixture is 21°C. On mixing equal masses of B and C, the temperature of the mixture is 32°C. Show that the ratio of the specific heats of A and C is 2 : 7] **[H. S. Exam., 1966]**

16. 200 gms. জলের তাপমাত্রা 40°C হইতে কমাইয়া 10°C করিতে হইলে জলের সহিত কত বরফ মিশাইতে হইবে?

(How much ice is to be mixed with 200 gms. of water to bring down its temperature from 40°C to 10°C?)

[উঃ 66·6 gms.]

17. −10°C তাপমাত্রার 10 gms. বরফের সহিত 8°C তাপমাত্রার 100 gms. জল মিশাইলে ফল কি হইবে?

(10 gms. of ice at −10°C are mixed with 100 gms. of water at 8°C. What is the result?) [উঃ 0·625 gms. বরফ গলিবে না]

18. 0°C তাপমাত্রায় 10 gms. বরফ একটি আবদ্ধ স্থানে রাখিয়া উহার ভিতর ধীরে ধীরে 100°C তাপমাত্রার স্টীম ঢুকানো হইল। বরফের শেষবিন্দুটি ঠিক যখন গলিয়া গেল, তখন মোট কত জল তৈয়ারী হইল? বরফ গলনের লীনতাপ=80 cal. per gm. এবং স্টীম জমিবার লীন-তাপ=540 cal. per gm.

(10 gms. of ice at 0°C are kept in a closed vessel and steam at 100°C is slowly injected into it. Calculate the amount-of water formed when last of the ice has just melted. Latent heat of fusion of ice.=80 cal/gm : lanent heat of condensation of steam=540 cal/gm.) [H.S. Exam., 1967] [উঃ 11·25 gms.]

তৃতীয় পরিচ্ছেদ

পদার্থের অবস্থান্তর ও হাইগ্রোমিতি

[Change of state of matter and Hygrometry]

প্রশ্ন ১। পদার্থের গলন ও কঠিনীভবন কাহাকে বলে? প্লাটিনামের গলনাঙ্ক 1755°C বলিতে কি বুঝায়? পদার্থের গলনাঙ্ক ও হিমাঙ্ক কি এক?

মোমের গলনাঙ্ক নির্ণয় করিবার পদ্ধতি বর্ণনা কর।

[What is meant by melting and solidification? What does the statement that melting point of platinum is 1755°C mean? Are melting point and freezing point of a substance identical?

Describe a method for determining the melting point of paraffin-wax.] **[H. S. Exam., 1961,]**

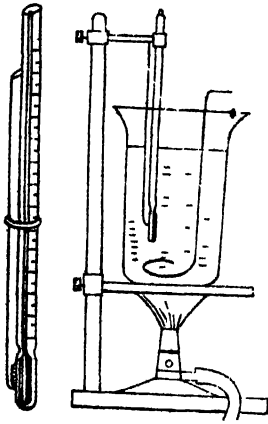
উঃ। কোন কঠিন পদার্থকে উত্তপ্ত করিলে প্রথমতঃ উহার উষ্ণতা বৃদ্ধি পায়। কিন্তু একটি নির্দিষ্ট উষ্ণতায় পৌঁছিলে কঠিন পদার্থ গলিতে সুরু করে এবং তখন তাপ প্রয়োগ সত্ত্বেও তাপমাত্রার আর কোন পরিবর্তন হয় না, যতক্ষণ পর্যন্ত না সমস্ত পদার্থ গলিয়া তরলে পরিণত হইবে। ইহাকে পদার্থের গলন বলা হয়।

তেমনি, কোন তরল পদার্থকে ঠাণ্ডা করিলে প্রথমতঃ উহার উষ্ণতা কমে। কিন্তু একটি নির্দিষ্ট উষ্ণতায় পৌঁছিলে তরল পদার্থ জমিয়া কঠিন পদার্থে পরিণত হইতে সুরু করে এবং তখন আরো ঠাণ্ডা করা সত্ত্বেও তাপমাত্রার আর কোন পরিবর্তন হয় না, যতক্ষণ পর্যন্ত না সমস্ত তরল জমিয়া কঠিনে পরিণত হয়। ইহাকে পদার্থের কঠিনীভবন বলে।

প্ল্যাটিনামের গলনাঙ্ক 1755°C বলিতে ইহাই বুঝায় যে উক্ত তাপমাত্রায় প্লাটিনাম কঠিন অবস্থা হইতে গলিয়া তরল অবস্থায় পরিণত হইতে সুরু করে এবং যতক্ষণ পর্যন্ত না সমস্ত বস্তু গলিয়া যাইবে ততক্ষণ পর্যন্ত ঐ তাপমাত্রা অপরিবর্তিত থাকিবে।

কোন পদার্থের গলনাঙ্ক ও হিমাঙ্ক এক। যেমন, সাধারণ বায়ুমণ্ডলের চাপে বরফ 0°C-তে গলিয়া যায়। আবার জল ঐ তাপমাত্রাতেই জমিয়া বরফে পরিণত হয়।

মোমের গলনাঙ্ক নির্ণয় :

কিছু মোম লইয়া একটি সূক্ষ্মরন্ধ্রবিশিষ্ট 4 ইঞ্চি কৈশিক (capillary) নলে ভরিয়া নলের এক মুখ গলাইয়া বন্ধ কর। ঐ কৈশিক নলকে একটি থার্মোমিটারের সঙ্গে বাঁধ এবং উহাদের একটি জলপূর্ণ কাচের পাত্রে এমনভাবে ডুবাও যেন মোমের প্রান্ত জলে ডুবিয়া থাকে এবং অপর প্রান্ত জলের বাহিরে থাকে (43 নং চিত্র)। এইবার বুনসেন বার্ণার দিয়া পাত্রের জল আস্তে আস্তে গরম কর এবং জল ধীরে ধীরে নাড়িতে থাক। এক সময়ে মোম গলিতে সুরু করিবে। ঠিক সেই মুহূর্তে থার্মোমিটারে তাপমাত্রা দেখ। সমস্ত মোম গলিয়া গেলে বার্ণার সরাইয়া লও। পাত্রের জল আস্তে আস্তে ঠাণ্ডা হইবে। ঠাণ্ডা হইবার ফলে এক সময় মোম জমিতে সুরু করিবে। তখনকার তাপমাত্রা দেখ। এই দুই তাপমাত্রার গড় নির্ণয় করিলে তাহাই হইবে মোমের গলনাঙ্ক।

চিত্র নং 43

প্রশ্ন ২। জলের কঠিনীভবনের ফলে প্রচণ্ড বলের উদ্ভব হয় তাহার একটি পরীক্ষা বর্ণনা কর। ঐ বলের একটি ব্যবহারিক ফলাফল উল্লেখ কর।

(ক) চাপহ্রাসে স্ফুটনাঙ্কের হ্রাস এবং (খ) চাপবৃদ্ধিতে স্ফুটনাঙ্কের বৃদ্ধি—ইহাদের একটি করিয়া প্রয়োগ উল্লেখ কর।

[Describe an experiment to show that water exerts a considerable force on freezing. Mention any practical effect of the expansion of water on freezing.

Give one example each of the application of (a) boiling

under increased pressure, (b) boiling under reduced pressure.] [H. S. (Comp.), 1965]

উঃ। মুখ আটকাইবার স্ক্রু-ছিপি সহ একটি লোহার ফ্লাস্ক সংগ্রহ কর। খানিকটা জল ফুটাইয়া উহার ভিতর হইতে দ্রবীভূত বায়ু অপসারণ করিয়া ফ্লাস্কটি ঐ জল দ্বারা পূর্ণ কর এবং মুখ স্ক্রু-ছিপি দ্বারা শক্তভাবে বন্ধ কর। এখন ঐ ফ্লাস্কটিকে হিমমিশ্রণের মধ্যে রাখিয়া দাও। দেখিবে কিছু পরে লোহার ফ্লাস্কটি ফাটিয়া যাইবে। ইহার কারণ ফ্লাস্কের ভিতরের জল জমিয়া গিয়া আয়তনে প্রসারিত হইতে চায় এবং ফ্লাস্কের গায়ে প্রচণ্ড বল প্রয়োগ করে। ইহাতে ফ্লাস্কটি ফাটিয়া যায়।

শীতের দেশে যখন জল জমিয়া বরফে পরিণত হয় তখন আয়তন বৃদ্ধির দরুন নানারকম অসুবিধা হয়। অনেক সময় দেখা গিয়াছে যে জলের পাইপে জল জমিয়া বরফে পরিণত হইয়াছে এবং তাহার ফলে আয়তন বৃদ্ধির জন্য যে প্রচণ্ড বলের উদ্ভব হইয়াছে তাহাতে জলের পাইপ ফাটিয়া গিয়াছে।

শেষাংশ : (ক) বর্ধিত চাপে তরলের স্ফুটন—এই ঘটনার প্রয়োগ কয়েকটি শিল্প প্রতিষ্ঠানে দেখিতে পাওয়া যায়। যেমন, করাত গুঁড়া এবং কষ্টিক সোডা হইতে কাগজের মণ্ড প্রস্তুত করিতে ইহার প্রয়োগ আছে।

(খ) কম চাপে তরলের স্ফুটন—এই ঘটনাও কয়েকটি শিল্প প্রতিষ্ঠান ব্যবহার করে। যেমন, চিনির দ্রবণ হইতে চিনির কেলাস (crystal) প্রস্তুত প্রণালীতে ইহার প্রয়োগ দেখিতে পাওয়া যায়।

***প্রশ্ন ৩। গলনাঙ্কের উপর চাপের প্রভাব কি? পুনঃশিলীভবন কাহাকে বলে? পরীক্ষাগারে উহা দেখাইবার প্রণালী বর্ণনা কর।**

[What is the effect of pressure on melting point? What is regelation? Describe a method to demonstrate it in the laboratory.]

উঃ। গলনাঙ্কের উপর চাপের প্রভাব :

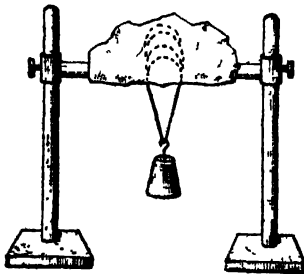
(1) গলনে যে সমস্ত বস্তুর আয়তন হ্রাস পায়, যেমন—ঢালাই লোহা, জল ইত্যাদি—চাপ বৃদ্ধি করিলে ঐ সমস্ত বস্তুর গলনাঙ্ক কমিয়া যায় অর্থাৎ কম তাপমাত্রায় গলে।

(2) গলনে যে সমস্ত বস্তুর আয়তন বৃদ্ধি পায়, যেমন, মোম ইত্যাদি,—চাপ বৃদ্ধি করিলে ঐ সমস্ত বস্তুর গলনাঙ্ক বাড়িয়া যায় অর্থাৎ, বেশী তাপমাত্রায় গলে।

পুনঃশিলীভবন :

যদি দুই টুকরা বরফ একত্র করিয়া চাপ দেওয়া হয় এবং পরে চাপ ছাড়িয়া দেওয়া হয় তবে দেখা যায় যে টুকরা দুইটি জোড়া লাগিয়া গিয়াছে। ইহার কারণ এই যে চাপ প্রয়োগে বরফের গলনাঙ্ক কমিয়া যায়—অর্থাৎ 0°C-এ কম তাপমাত্রায় গলিতে সক্ষম হয়। সুতরাং বরফ গলিয়া জল হয়। আবার চাপ ছাড়িয়া দেওয়াতে গলনাঙ্ক বৃদ্ধি পায় কিন্তু জলের তাপমাত্রা 0°C হওয়াতে বরফ গলা জল জমিয়া বরফ টুকরা দুইটিকে জোড়া লাগাইয়া দেয়। এইরূপে চাপ প্রয়োগে বরফকে গলানো এবং চাপ ছাড়িয়া উহাকে আবার কঠিন অবস্থায় আনাকে পুনঃশিলীভবন বলে।

পরীক্ষা : নিম্নবর্ণিত পরীক্ষাদ্বারা পরীক্ষাগারে পুনঃশিলীভবন প্রদর্শন করানো যাইতে পারে।

বড় একটি বরফের টুকরাকে দুইটি অবলম্বনের উপর রাখা আছে এবং একটি সরু তামার তারে ভারী ওজন ঝুলাইয়া উহাকে বরফের গা বাহিয়া ঝুলানো হইল (44 নং চিত্র)। দেখা যাইবে যে তারটি আস্তে আস্তে বরফ কাটিয়া বাহির হইয়া গেল কিন্তু বরফ টুকরাটি দুই ভাগে ভাগ হইল না। ইহার কারণ এই যে ওজন ভারী হওয়াতে এবং তার সরু বলিয়া তারের তলায় বরফের উপর খুব চাপ পড়ে। ফলে ঐ স্থানের গলনাঙ্ক কমিয়া যায় এবং কিছু বরফ গলিয়া যায়। ঐ গলা জলের ভিতর দিয়া তার খানিকটা নীচে নামে এবং সঙ্গে সঙ্গে চাপ কমিয়া যাওয়াতে ঐ জল জমিয়া বরফে পরিণত হয়। ঐ

চিত্র নং 44

ভাবে ক্রমাগত বরফ কাটিয়া তার নীচে নামিবে এবং সঙ্গে সঙ্গে জল জমিয়া বরফকে অবিভক্ত রাখিবে।

এই পরীক্ষা ভালভাবে করিতে হইলে তারটি তাপের সুপরিবাহী হওয়া প্রয়োজন। এইজন্য তামার তার লওয়া হয়। কারণ বরফ গলা জল জমিয়া গেলে কিছু লীন-তাপ পরিত্যাগ করে। তামার তার ঐ তাপ পরিবহন করিয়া নীচে পাঠায় যাহাতে নীচের বরফ গলিবার সুবিধা হয়।

****প্রশ্ন ৪। বাষ্পায়ন ও স্ফুটন কাহাকে বলে? উহাদের মধ্যে পার্থক্য কি? কোন্ কোন্ কারণের উপর বাষ্পায়নের হার নির্ভর করে?**

[What do you understand by boiling and evaporation? What are the differences between them? What are the factors which influence rate of evaporation?

[H. S. (Comp.), 1963]

উঃ। বাষ্পায়ন ও স্ফুটন ঃ

যে কোন তাপমাত্রায় তরলের কেবল উপরতল হইতে ধীর গতিতে বাষ্প উত্থিত হইবার প্রণালীকে বাষ্পায়ন বলে।

একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় তরলের সকল অংশ ব্যাপিয়া দ্রুতগতিতে বাষ্প উৎপন্ন হইবার প্রণালীকে স্ফুটন বলা হয়।

পার্থক্য ঃ

(i) স্ফুটন অতি দ্রুত সংঘটিত হয় কিন্তু বাষ্পায়ন অতি ধীরে ধীরে হয়।

(ii) স্ফুটন তরলের সমগ্র অংশ ব্যাপিয়া হয়, কিন্তু বাষ্পায়ন শুধু তরলের উপর তল হইতে হয়।

(iii) সাধারণ বায়ুমণ্ডলের চাপে স্ফুটন এক নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় সুরু হয় কিন্তু বাষ্পায়ন সব তাপমাত্রাতেই হইয়া থাকে।

বাষ্পায়নের হার ঃ

(a) বায়ুর শুষ্কতা—বায়ু যত শুষ্ক থাকিবে অর্থাৎ বায়ুতে জলীয় বাষ্পের পরিমাণ যত কম থাকিবে, বাষ্পায়ন তত দ্রুত হইবে।

(b) বায়ুমণ্ডলের চাপ—বায়ুমণ্ডলের চাপ হ্রাসের সঙ্গে বাষ্পায়নের হার বৃদ্ধি পায়। সম্পূর্ণ বায়ু-শূন্য স্থানে (vacuum) বাষ্পায়ন অতি দ্রুত হয়।

(c) তরল ও তৎসংলগ্ন বায়ুর উষ্ণতা—তরল ও তৎসংলগ্ন বায়ুর উষ্ণতা যত বেশী হইবে বাষ্পায়নের হারও তত বেশী হইবে।

(d) তরলের উপরিতলের ক্ষেত্রফল—তরলের উপরিতলের ক্ষেত্রফল যত বেশী হয় বাষ্পায়নও তত দ্রুত হয়।

(e) তরলের প্রকৃতি—তরল যত উদ্বায়ী (volatile) হইবে অর্থাৎ স্ফুটনাঙ্ক যত কম হইবে, উহার বাষ্পায়ন তত দ্রুত হইবে।

প্রশ্ন ৫। নিম্নলিখিত প্রশ্নগুলির উত্তর দাও :

(i) গরম কালে পাখার হাওয়ায় আরাম বোধ হয় কেন?

(ii) ভিজা কাপড়ে থাকিলে সর্দি লাগে কেন?

(iii) গরম চা ডিসে ঢালিলে ঠাণ্ডা হয় কেন?

(iv) মাটির কুঁজায় জল রাখিলে ঠাণ্ডা হয় কিন্তু পিতলের কলসীতে হয় না কেন? [H. S. Exam., 1961]

(v) থার্মোমিটার কুণ্ড ভিজা কাপড়ে জড়াইয়া রাখিলে তাপ-মাত্রার পরিবর্তন দেখা যায় কেন?

উঃ। (i) গরমকালে দেহ হইতে ঘাম বাহির হয়। তখন পাখার হাওয়া দিলে আরাম লাগে। কারণ পাখার হাওয়ায় ঘাম বাষ্পীভূত হইতে সুবিধা পায় এবং বাষ্পীভবনের জন্য দেহ হইতে কিছু লীন-তাপ লয়। দেহ এই তাপ ছাড়িয়া দিয়া শীতল হয় এবং আরাম বোধ হয়। গ্রীষ্মপ্রধান দেশে একজন পূর্ণবয়স্ক ব্যক্তি প্রায় একলিটার জল ঘামের আকারে ছাড়িতে পারে এবং তাহার ফলে প্রায় 580,000 ক্যালরি তাপ দেহ হইতে বাহির হইয়া যায়।

(ii) ভিজা কাপড়ে বেশীক্ষণ থাকিলে ঠাণ্ডা লাগিবার ভয় আছে। কাপড়ের জল দেহ হইতে তাপ লইয়া বাষ্পীভূত হয়। হঠাৎ দেহ হইতে প্রচুর পরিমাণ তাপ নির্গত হওয়ায় ঠাণ্ডা লাগিয়া সর্দি হইতে পারে।

(iii) বাটি হইতে গরম চা ডিসে ঢালিলে ঐ তরলের উপরিতলের ক্ষেত্রফল বাড়িয়া যায়। কাজেই উহা দ্রুত বাষ্পীভূত হইবার সুযোগ পায়। এই

বাষ্পীভবনের জন্য যে তাপ প্রয়োজন তাহা তরল নিজেই সরবরাহ করে বলিয়া চা দ্রুত ঠাণ্ডা হইয়া যায়।

(iv) মাটির কুঁজার গায়ে অসংখ্য ছিদ্র থাকে। ঐ ছিদ্র দিয়া অনবরত জল চোঁয়াইয়া বাহিরে আসে এবং বাষ্পে পরিণত হয়। ইহার জন্য যে তাপের প্রয়োজন তাহা কুঁজাব গাত্র সরববাহ করে। ফলে কুঁজাব গাত্র খুব ঠাণ্ডা হইয়া যায় এবং সঙ্গে সঙ্গে কুঁজার জলও ঠাণ্ডা হয়। পিতলের কলসীতে ঐরূপ কোন ছিদ্র না থাকায় জল চোঁয়াইয়া বাহিব হইতে পারে না এবং বাষ্পীভূত হইতে পারে না। শুধু কলসীর খোলামুখ হইতে জল বাষ্পে পরিণত হয়। সুতরাং পিতলের কলসীর জল তত ঠাণ্ডা হয় না।

(v) থার্মোমিটারের কুণ্ড ভিজা কাপড়ে জড়াইয়া রাখিলে থার্মোমিটারেব পারদ আস্তে আস্তে নামিয়া আসে। ইহার কাবণ এই যে কাপড়ের জল ধীরে ধীরে বাষ্পে পরিণত হয় এবং ইহার জন্য যে তাপের প্রয়োজন তাহা থার্মোমিটার কুণ্ড ও তৎসংলগ্ন পারদ হইতে সংগৃহীত হয়। সুতরাং কুণ্ড ও পারদ ঠাণ্ডা হইয়া পড়ে এবং পারদ আস্তে আস্তে নামিতে থাকে।

প্রশ্ন ৬। বাষ্পায়ন শৈত্যের সৃষ্টি করে কেন? এই ধরনের শৈত্যের ব্যবহারিক প্রয়োগের একটি দৃষ্টান্ত দাও।

বাষ্প চাপ প্রদান করিতে পারে ইহা কিরূপে দেখাইবে? সর্বোচ্চ বাষ্পচাপ তাপমাত্রার উপর নির্ভরশীল তাহাই বা কিরূপে প্রমাণ করিবে?

[Why does evaporation cause cooling? Give an example in which we make use of such cooling.

How would you show that a vapour exerts pressure and that the maximum pressure which a given vapour can exert depends upon the temperature?] **[H. S. (Comp.), 1964]**

উঃ। প্রথমাংশ: কোন তরল বাষ্পে পরিণত হইতে গেলে কিছু লীনতাপ গ্রহণ করে। ঐ প্রয়োজনীয় লীনতাপ সরবরাহ না করিলে তরল বাষ্পীভূত হইতে পারে না। কাজেই, যখন তরল বাষ্পীভূত হয় তখন ঐ

তরল পরিপার্শ্ব হইতে লীনতাপ সংগ্রহ করে। পরিপার্শ্ব তাপ সরবরাহ করিতে না পারিলে সমগ্র তরল হইতেই এই তাপ সংগৃহীত হইবে। ফলে তরল ও পরিপার্শ্ব শীতল হইয়া পড়ে।

বাষ্পায়নের দরুন শীতলীভবনের একটি প্রকৃষ্ট দৃষ্টান্ত হইতেছে মাটির কুঁজায় পানীয় জল রাখিয়া শীতল করা। ৫নং প্রশ্নের (iv) উত্তর দেখ।

শেষাংশ: ১০ নং প্রশ্নের সংপৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ নির্ণয় অংশ দেখ। এই পরীক্ষা প্রমাণ করে যে জলীয় বাষ্প চাপ প্রদান করিতে সক্ষম।

এখন যদি B নলের চতুর্দিকে একটি জ্যাকেট করিয়া ঐ জ্যাকেটের ভিতর উষ্ণ জলপ্রবাহের ব্যবস্থা করা যায় তবে B নলের জলীয় বাষ্পের তাপমাত্রা বৃদ্ধি পাইবে এবং সঙ্গে সঙ্গে দেখা যাইবে যে ঐ নলে পারদের লেভেল নীচে নামিয়া যাইতেছে—অর্থাৎ জলীয়-বাষ্পের চাপ বৃদ্ধি পাইতেছে। এইভাবে তাপমাত্রা পরিবর্তন করিলে চাপের পরিবর্তন লক্ষ্য করা যাইবে। অতএব এই পরীক্ষা প্রমাণ করে যে বাষ্প-চাপ তাপমাত্রার উপর নির্ভরশীল।

****প্রশ্ন ৭। স্ফুটনাঙ্কের সংজ্ঞা লিখ। তরলের উপরকার চাপের সহিত স্ফুটনাঙ্কের সম্পর্ক কি ? পরীক্ষা দ্বারা প্রমাণ কর যে 100°C এর কম এবং বেশী তাপমাত্রায় জলকে ফুটানো যায়।**

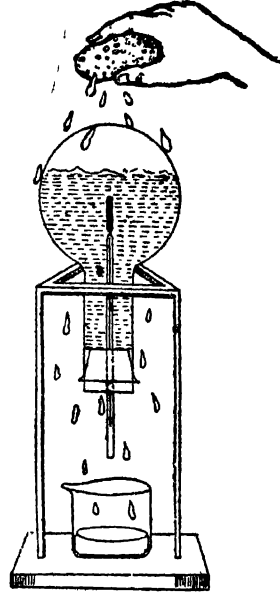
[Define boiling point of a liquid. What is the relation between boiling point and pressure above a liquid? Describe experiments to show that water can be made to boil at a temperature greater or less than 100°C]

[*cf*, **H. S. (Comp.), 1963**]

উঃ। স্ফুটনাঙ্ক: প্রমাণ বায়ুমণ্ডলীয় চাপে যে তাপমাত্রায় কোন তরলের স্ফুটন হয় তাহাকে উক্ত তরলের স্ফুটনাঙ্ক বলা হয়। যতক্ষণ না সমস্ত তরল ফুটিয়া বাষ্পে পরিণত হয় ততক্ষণ ঐ তাপমাত্রা অপরিবর্তিত থাকে।

স্ফুটনাঙ্ক ও চাপের সম্পর্ক: পারিপার্শ্বিক বায়ুমণ্ডলের চাপের উপর কোন তরলের স্ফুটনাঙ্ক নির্ভর করে। চাপ কমাইলে তরলের স্ফুটনাঙ্ক কমিয়া যায়—অর্থাৎ কম তাপমাত্রায় ফোটে এবং চাপ বৃদ্ধিতে স্ফুটনাঙ্ক বৃদ্ধি পায়—অর্থাৎ বেশী তাপমাত্রায় ফোটে।

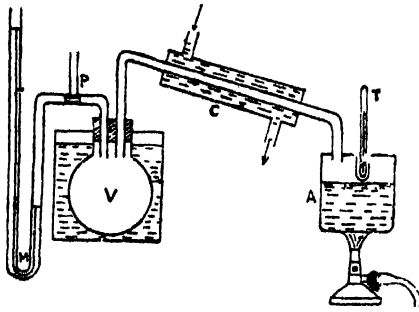
চাপ-হ্রাসে স্ফুটনাঙ্কের হ্রাস ঃ

একটি গোল তলাযুক্ত কাচের ফ্লাস্কে খানিকটা জল ফুটাও। জল হইতে জোরে বাষ্প উঠিবে। দুই-তিন মিনিট ঐরূপ বাষ্প বাহির হইবার পর ফ্লাস্কের মুখ কর্ক দিয়া আটকাও এবং কর্কের ছিদ্র দিয়া একটি থার্মোমিটার ঢুকাও। বার্ণার সরাইয়া ফ্লাস্ক গরম করা বন্ধ কর। এইবার ফ্লাস্কটিকে উল্টাইয়া 45 নং চিত্রে যেমন দেখানো হইয়াছে ঐরূপ রাখ। আগুন সরাইয়া লইবার ফলে জলের স্ফুটন বন্ধ হইবে। এখন ফ্লাস্কের উপর ঠাণ্ডা জল ঢাল। দেখিবে কিছুক্ষণ পরে জল আবার ফুটিতে সুরু করিবে অথচ থার্মোমিটারে তাপমাত্রা 100°C-এর কম থাকিবে।

চিত্র নং 45

ইহার কারণ এই যে ঠাণ্ডা জল ঢালাতে ফ্লাস্কের ভিতরের বাষ্প জমিয়া জলে পরিণত হয়। সুতরাং জলের উপরের চাপ অনেক কমিয়া যায় এবং স্ফুটনাঙ্কও কমিয়া যায়। জলের তাপমাত্রা ঐ স্ফুটনাঙ্কের বেশী থাকায় জল পুনরায় ফুটিতে সুরু করে।

চাপ বৃদ্ধিতে স্ফুটনাঙ্ক বৃদ্ধি ঃ

এই পরীক্ষার প্রয়োজনীয় ব্যবস্থা 46 নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে। V একটি বায়ুপূর্ণ তামার পাত্র। ইহার সহিত C-নল দ্বারা তামার স্ফুটন-পাত্র (boiler) A সংযুক্ত। C-নলকে ঠাণ্ডা করিবার জন্য উহার গায়ে আর একটি মোটা জলের পাইপ লাগানো আছে। উহাকে শীতক (condenser) বলে। A স্ফুটন-পাত্রে পরীক্ষাধীন তরল—অর্থাৎ জল লইয়া উহার ভিতর একটি থার্মোমিটার T এমনভাবে ঢুকানো থাকে যে থার্মোমিটার কুণ্ড জল হইতে

খানিকটা উপরে থাকে। V-পাত্রটি একটি জলগাহের (water-bath) মধ্যে রাখা হয় যাহাতে উহার তাপ-মাত্রার তারতম্য না ঘটে। এই V-পাত্রের সহিত একটি পাম্প P ও একটি ম্যানো-মিটার M যুক্ত থাকে।

চিত্র 46

V-পাত্রের বায়ুর চাপ বাহিরের বায়ুমণ্ডলের চাপের সমান হইলে ম্যানোমিটারের দুই বাহুতে তরলের উচ্চতা সমান হইবে। এই অবস্থায় স্ফুটন-পাত্রে তাপ প্রয়োগ করিয়া জল ফুটাও। দেখিবে যে জল যখন ফুটিতে সুরু করিবে তখন থার্মোমিটারে তাপমাত্রা 100°C ; ইহাই জলের স্বাভাবিক স্ফুটনাঙ্ক। এইবার P পাম্প চালাইয়া V-পাত্রে বায়ু-চাপ বৃদ্ধি কর। সঙ্গে সঙ্গে A-পাত্রের জলের উপরের চাপও বৃদ্ধি পাইবে। কোন নির্দিষ্ট বর্ধিত চাপ সৃষ্টি করিয়া স্ফুটন পাত্র উত্তপ্ত করিতে থাক। দেখিবে জল যখন ফুটিতে সুরু করিবে তখন থার্মোমিটারে তাপমাত্রা 100°C-এর বেশী। বলা বাহুল্য যে এই পরীক্ষায় যে থার্মোমিটার ব্যবহার করিতে হইবে তাহার অংশাঙ্কন (graduation) 100°C-এর বেশী থাকা প্রয়োজন।

উপরোক্ত পরীক্ষায় V-পাত্রের সহিত বায়ু-নিষ্কাশক পাম্প যুক্ত করিয়া চাপ-হ্রাসের দরুন স্ফুটনাঙ্ক হ্রাস দেখানো যাইতে পারে।

প্রশ্ন ৮। ফুটন্ত জলপূর্ণ একটি ফ্লাস্কের মুখ দ্রুত কর্ক দিয়া বন্ধ করিয়া ফ্লাস্কটিকে আগুন হইতে সরাইয়া লওয়া হইল। জলের স্ফুটন বন্ধ হইলে ফ্লাস্কের উপর ঠাণ্ডা জল ঢালা হইল। ফ্লাস্কের জল পুনরায় ফুটিতে সুরু করিল। এই ঘটনার ব্যাখ্যা কর।

[A flask containing boiling water is quickly closed with a cork and removed from the flame. When the boiling

has stopped cold water is thrown on the flask. The water in the flask begins to boil again. Explain it.]

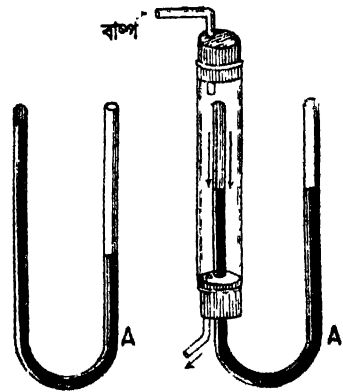
[H. S. Exam., 1965]

উঃ। ৮নং প্রশ্নের 'চাপ-হ্রাসে স্ফুটনাঙ্কের হ্রাস' অংশ দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ৯। প্রমাণ কর যে তরলের স্ফুটন হইলে ঐ তরলের বাষ্পের চাপ বায়ুমণ্ডলের চাপের সমান হয়।

[Prove that the vapour pressure of a liquid at its boiling point is equal to the atmospheric pressure.]

[H. S. (Comp.), 1966]

উঃ। U-অক্ষরের ন্যায় বাঁকানো একটি কাচনল A লওয়া হইল। নলটির একমুখ বন্ধ অপর মুখ খোলা। ইহার প্রত্যেকটি বাহু প্রায় এক ফুট লম্বা। নলটির খোলামুখ দিয়া পরিষ্কার ও শুষ্ক পারদ ঢালা হইল। পারদ দুই বাহুতেই প্রবেশ করিবে এবং এইভাবে পারদ ঢালা হইল যতক্ষণ না নলের খোলামুখের দিকে আধ ইঞ্চি পরিমাণ স্থান খালি থাকে। ঐ স্থান পাতিত জল দ্বারা পূর্ণ করা হইল। এখন খোলামুখ আঙ্গুল দিয়া চাপিয়া নলটিকে উল্টাইলে জল পারদ ঠেলিয়া উপরে উঠিবে এবং নলের বাঁক পার হইয়া বন্ধ বাহুতে পারদের উপরে জমা হইবে। এখন একটি সরু কাঠি খোলামুখ দিয়া ঢুকাইয়া খোলাবাহু হইতে আস্তে আস্তে পারদ বাহির করিয়া লও যাহাতে খোলা-বাহুর পারদশীর্ষ বদ্ধবাহুর পারদশীর্ষ অপেক্ষা নীচে থাকে [চিত্র 46 (*a*)]।

চিত্র 46 (*a*) চিত্র 46 (*b*)

এইরূপে A-নলটিকে পরীক্ষার জন্য তৈয়ারী করা হইল। এখন নলটির বদ্ধবাহু একটি মোটা কাচনল দ্বারা আবৃত করিতে হইবে। ইহার নাম জ্যাকেট। জ্যাকেটের দুই খোলামুখ শক্ত করিয়া কর্ক দ্বারা বন্ধ। উপরের কর্কের ছিদ্র

দিয়া একটি ছোট বাঁকানো নলের সাহায্যে জ্যাকেটের ভিতর স্টীম প্রবেশ করিতে পারে এবং তলার কর্কের ছিদ্র দিয়া আর একটি নলের সাহায্যে বাহির হইয়া যাইতে পারে। এখন বয়লার (ছবিতে দেখানো হয় নাই) হইতে স্টীম জ্যাকেটে পাঠাইলে দেখা যাইবে যে A-নলের দুই বাহুতে পারদ-স্তম্ভের উচ্চতার পার্থক্য আস্তে আস্তে কমিয়া আসিতেছে। কিছুক্ষণ পরে দুই বাহুতেই পারদস্তম্ভ একই উচ্চতায় আসিবে [চিত্র 46 (b)]। বদ্ধবাহুতে পারদশীর্ষে যে-চাপ পড়িতেছে তাহা পারদস্তম্ভের উপরিস্থ জলীয়-বাষ্পের চাপ এবং উহার তাপমাত্রা জ্যাকেটের স্টীমের তাপমাত্রার সমান। খোলাবাহুতে পারদশীর্ষে বায়ুমণ্ডলের চাপ পড়িতেছে। পারদস্তম্ভদ্বয় সমান উচ্চতায় থাকার দরুন জলীয়বাষ্পের চাপ ও বায়ুমণ্ডলের চাপ সমান। সুতরাং বলা যায় যে জলের স্ফুটনাঙ্কে জলীয়-বাষ্পের চাপ বায়ুমণ্ডলের চাপের সমান।

প্রশ্ন ১০। সংপৃক্ত ও অসংপৃক্ত বাষ্প কাহাকে বলে? উহাদের বৈশিষ্ট্য কি? উহাদের পার্থক্য বুঝাইয়া বল।

ঘরের তাপমাত্রায় সংপৃক্ত জলীয়-বাষ্প-চাপ পরিমাপ করিবার একটি সহজ পদ্ধতি বর্ণনা কর।

15°C তাপমাত্রায় জলীয় টান 12·7 mm. বলিতে কি বুঝায়?

[What do you mean by saturated and unsaturated vapours? What are their characteristics? Explain clearly the distinction between them.

[cf. H. S Exam., 1961]

Describe a simple experiment by which the aqueous tension at the room temperature may be determined.

[H S Exam., 1961]

What do you mean by aqueous tension at 15°C is 12·7 mm.?] **[H. S. Exam., 1962]**

উঃ। সংপৃক্ত ও অসংপৃক্ত বাষ্প:

কোন তরলকে একটি আবদ্ধ স্থানে রাখিয়া বাষ্পায়নে সুযোগ দিলে দেখা যায় যে নির্দিষ্ট তাপমাত্রার উপর নির্ভর করিয়া ঐ স্থান যে-পরিমাণ বাষ্প

ধারণ করিতে পারে ততটা বাষ্প উত্থিত হইবার পর আর বাষ্পায়ন হয় না। তখন ঐ বাষ্পকে সংপৃক্ত বাষ্প বলা হয়। অর্থাৎ কোন আবদ্ধ স্থানে তরলের সংস্পর্শে বাষ্প থাকিলে ঐ বাষ্প সংপৃক্ত হইবে ; কারণ তরলের উপস্থিতির মানেই এই যে ঐ আবদ্ধস্থান যে-পরিমাণ বাষ্প ধারণ করিতে সক্ষম সেই সীমা উপস্থিত হইয়াছে।

উপরোক্ত আবদ্ধস্থান সংপৃক্ত হইবার পূর্বে যে-কোন মুহূর্তে যে বাষ্প থাকিবে তাহাকে অসংপৃক্ত বাষ্প বলা হয়।

বৈশিষ্ট্য ঃ

সংপৃক্ত বাষ্পের নিম্নলিখিত বৈশিষ্ট্য দেখা যায় :—

(i) একই তাপমাত্রায় বিভিন্ন তরলের সংপৃক্ত বাষ্প-চাপ (saturated vapour pressure) বিভিন্ন।

(ii) সংপৃক্ত বাষ্প-চাপ তাপমাত্রাবৃদ্ধির সহিত বৃদ্ধি পায়।

(iii) সংপৃক্ত বাষ্প-চাপ গ্যাসের সূত্র (gas laws) মানিয়া চলে না।

(iv) যে কোন তাপমাত্রায় কোন তরলের সংপৃক্ত বাষ্প-চাপ অন্য কোন গ্যাস, বাষ্প বা বায়ুর উপস্থিতির দ্বারা প্রভাবান্বিত হয় না যদি উহাদের ভিতর কোন রাসায়নিক ক্রিয়া না হয়।

অসংপৃক্ত বাষ্পের নিম্নলিখিত বৈশিষ্ট্য দেখা যায় ঃ

(i) অসংপৃক্ত বাষ্প সাধারণ গ্যাসের ন্যায় আচরণ করে।

(ii) ইহা বয়েল বা চার্লসের সূত্র—অর্থাৎ গ্যাসের সূত্র মানিয়া চলে।

পার্থক্য :

(i) কোন আবদ্ধ স্থানে তরল-সংলগ্ন বাষ্পকে ঐ তাপমাত্রায় সংপৃক্ত বাষ্প বলে এবং উহা যে চাপ প্রয়োগ করে তাহা সর্বোচ্চ। এই চাপকে সংপৃক্ত বাষ্প-চাপ বলে।

যদি কোন আবদ্ধ স্থানে কিছু বাষ্প থাকে কিন্তু কোন তরল না থাকে তবে ঐ বাষ্প অসংপৃক্ত হইতে পারে বা সদ্য সংপৃক্তও হইতে পারে। আবদ্ধ স্থানের আয়তন সামান্য হ্রাস করিলে যদি কিছু বাষ্প তরলে পরিণত হয় তবে বুঝিতে হইবে যে উহা সদ্য সংপৃক্ত—অন্যথায় অসংপৃক্ত।

(ii) অসংপৃক্ত বাষ্পের তাপমাত্রা ঠিক রাখিয়া আয়তন পরিবর্তন করিলে বয়েলের সূত্রানুযায়ী উহার চাপের পরিবর্তন হয়। কিন্তু সংপৃক্ত বাষ্পের বেলাতে উহা হয় না। আয়তন হ্রাস করিলে কিছু বাষ্প তরলীভূত হয় এবং আয়তন বৃদ্ধি করিলে কিছু তরল বাষ্পীভূত হয়; কিন্তু আবদ্ধস্থান সর্বদা সংপৃক্ত থাকে—কাজেই চাপও অপরিবর্তিত থাকে।

(iii) অসংপৃক্ত বাষ্পের আয়তন ঠিক রাখিয়া তাপমাত্রা পরিবর্তন করিলে চার্লসের সূত্রানুযায়ী উহার চাপের পরিবর্তন হয়। কিন্তু সংপৃক্ত বাষ্পের বেলাতে যদিও তাপমাত্রার পরিবর্তনে সংপৃক্ত বাষ্প চাপের পরিবর্তন হয় তথাপি উহা চার্লসের সূত্রানুযায়ী হয় না।

(iv) কোন নিদিষ্ট পরিমাণ অসংপৃক্ত বাষ্পের চাপ বৃদ্ধি করিলে বা তাপমাত্রা হ্রাস করিলে উহাকে সংপৃক্ত বাষ্পে পরিণত করা যায়।

সংপৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ নির্ণয় :

দুইটি ব্যারোমিটার কাচনল লও এবং উহাদের পারদপূর্ণ কর। অতঃপর একটি পারদপূর্ণ পাত্রে নল দুইটির খোলামুখ ঢুকাইয়া উপুড় করিয়া রাখ। সাধারণ অবস্থায় দুইটি নলেই পারদস্তম্ভের উচ্চতা সমান হইবে, কারণ উভয় নলের পারদ-স্তম্ভই বায়ুমণ্ডলের চাপ নির্দেশ করে। মনে কর, নল দুইটিকে A এবং B বলা হইল। এখন একটি সরু বাঁকানো কাচনলের (ইহাকে 'pipette' বা 'পিপেট' বলে) ভিতর জল লইয়া বাঁকানো মুখ B-নলের ভিতর প্রবেশ করাও এবং পিপেটের অপর প্রান্তে মুখ লাগাইয়া আস্তে আস্তে ফুঁ দাও। পারদ অপেক্ষা হালকা বলিয়া ফুঁ দিবার ফলে জল পারদস্তম্ভ ভেদ করিয়া টরিসেলীর শূন্যস্থানে উপস্থিত হইবে। ঐ স্থানের চাপ খুব কম হইবার দরুন জল তৎক্ষণাৎ বাষ্পে পরিণত হইবে এবং B নলের পারদস্তম্ভকে একটু চাপ প্রদান করিয়া নীচে নামাইয়া দিবে। পিপেটের সাহায্যে একটু একটু করিয়া জল প্রবেশ করাইতে থাকিলে দেখা যাইবে যে B-নলের পারদস্তম্ভও একটু একটু করিয়া নীচে নামিতেছে। এইভাবে চলিবার পর যখন পারদশীর্ষে একটু জল জমিবে তখন দেখা যাইবে যে পারদস্তম্ভ আর নামিতেছে না। অর্থাৎ, জল আর বাষ্পে পরিণত হইতেছে না। তখন বলা হয় যে পারদশীর্ষের উপরিস্থ স্থান

জলীয়-বাষ্প দ্বারা সংপৃক্ত হইয়াছে। এখন A এবং B-নল দুইটির পারদ-স্তম্ভের উচ্চতা নির্ণয় করিতে হইবে। এই উচ্চতার পার্থক্য হইবে ঘরের তাপমাত্রায় জলীয় বাষ্পের চাপের সমান।

শেষাংশ : জলীয় টান বলিতে সংপৃক্ত বাষ্প-চাপ বুঝায়। সাধারণতঃ চাপ পারদস্তম্ভের উচ্চতা দ্বারা প্রকাশ করা হয়—অর্থাৎ যত উচ্চতার পারদস্তম্ভ ঐ চাপ প্রদান করিতে পারে সেই উচ্চতার দ্বারা ঐ চাপকে প্রকাশ করা হয়। কাজেই 15°C তাপমাত্রায় জলীয় টান 12·7 mm. বলিতে ইহাই বুঝায় যে ঐ তাপমাত্রায় সংপৃক্ত জলীয় বাষ্প যে চাপ প্রদান করে তাহা 12·7 mm. উচ্চ পারদস্তম্ভের চাপের সমান।

প্রশ্ন ১১। শিশিরাঙ্ক ও আপেক্ষিক আর্দ্রতার সংজ্ঞা বুঝাইয়া দাও। কোনও দিনের শিশিরাঙ্ক 20°C এবং আপেক্ষিক আর্দ্রতা 60% বলিতে কি বুঝায় ?

[Define 'dew-point' and 'relative humidity'. Dew-point on a day is 20°C and relative humidity 60%—Explain this statement.] [**H. S. Exam., 1965**]

উঃ। শিশিরাঙ্ক : যদি নির্দিষ্ট পরিমাণ বায়ুকে ক্রমাগত ঠাণ্ডা করা যায় তবে কোনও এক তাপমাত্রায় ঐ বায়ুতে যে জলীয়-বাষ্প আছে তাহা দ্বারা উক্ত বায়ু সংপৃক্ত (saturated) হইবে। তাপমাত্রা আর একটু কমিলেই কিছু জলীয়-বাষ্প ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র জলবিন্দুর আকারে জমা হইবে। ইহাকেই আমরা শিশির এবং ঐ তাপমাত্রাকে শিশিরাঙ্ক বলি। কোনও দিনের শিশিরাঙ্ক 20°C বলিতে ইহাই বুঝায় যে ঐ দিন নির্দিষ্ট পরিমাণ বায়ু 20°C তাপমাত্রায় উহাতে অবস্থিত জলীয়-বাষ্প দ্বারা সম্পূর্ণ সংপৃক্ত হইবে। যদি তাপমাত্রা 20°C এর কিছু কম হয় তবে কিছু জলীয় বাষ্প শিশিররূপে জমা হইবে।

আপেক্ষিক আর্দ্রতা :

আপেক্ষিক আর্দ্রতার সংজ্ঞা নিম্নলিখিত অনুপাত দ্বারা প্রকাশ করা যাইতে পারে।

$$\text{আঃ আর্দ্রতা} = \frac{\text{নির্দিষ্ট পরিমাণ বায়ুতে উপস্থিত জলীয় বাষ্প}}{\text{ঐ তাপমাত্রায় ঐ বায়ুকে সংপৃক্ত করিবার জন্য প্রয়োজনীয় জলীয়-বাষ্প}}$$

জলীয় বাষ্পের ভর উহার চাপের সমানুপাতিক হওয়ায়, উপরোক্ত অনুপাত নিম্নলিখিতভাবে প্রকাশ করা যায়।

$$\text{আঃ আর্দ্রতা} = \frac{\text{বায়ুতে উপস্থিত জলীয়-বাষ্পের চাপ}}{\text{ঐ তাপমাত্রায় সংপৃক্ত জলীয়-বাষ্পের চাপ}}$$

আবার, বায়ুতে উপস্থিত জলীয়-বাষ্প শিশিরাঙ্কে সংপৃক্ত বাষ্প হওয়াতে আপেক্ষিক আর্দ্রতার সংজ্ঞা নিম্নলিখিত ভাবেও প্রকাশ করা যায়।

$$\text{আঃ আর্দ্রতা} = \frac{\text{বায়ুতে উপস্থিত জলীয়-বাষ্পের চাপ}}{\text{ঐ তাপমাত্রায় সংপৃক্ত জলীয়-বাষ্পের চাপ}}$$

সাধারণতঃ আপেক্ষিক আর্দ্রতা শতকরা হিসাবে প্রকাশ করা হয়। উপরোক্ত যে কোন অনুপাতকে 100 দিয়া গুণ করিলে আপেক্ষিক আর্দ্রতার শতকরা হিসাব পাওয়া যাইবে। সুতরাং কোনও দিনের আপেক্ষিক আর্দ্রতা 60% বলিতে ইহাই বুঝায় যে ঐ দিন নির্দিষ্ট পরিমাণ বায়ুকে সংপৃক্ত করিতে যে পরিমাণ জলীয়-বাষ্প প্রয়োজন তাহার তুলনায় শতকরা 60 ভাগ জলীয় বাষ্প ঐ বায়ুতে আছে।

****প্রশ্ন ১২। হাইগ্রোমিটার কাহাকে বলে? ইহা দ্বারা কি নির্ণয় করা হয়? Regnault's হাইগ্রোমিটারের বিবরণ ও কার্য-প্রণালী ব্যাখ্যা কর।**

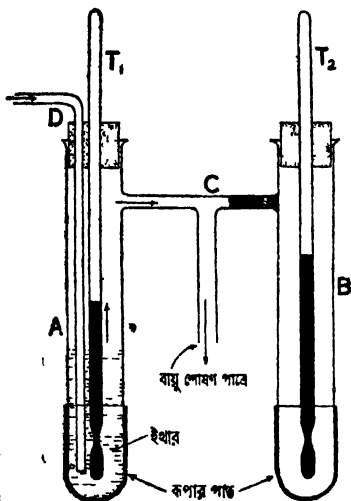
[What is a hygrometer? What does it determine? Describe and explain the action of Regnault's hygrometer.]
[H. S. Exam., 1962]

উঃ। যে যন্ত্রের সাহায্যে বায়ুতে উপস্থিত জলীয়-বাষ্প সম্বন্ধে পরিমাণ-মূলক ধারণা করা যায় তাহাকে হাইগ্রোমিটার বলে।

ইহা দ্বারা যে-কোন দিনের শিশিরাঙ্ক ও তাহা হইতে বায়ুমণ্ডলের আপেক্ষিক আর্দ্রতার শতকরা হিসাব নির্ণয় করা যায়।

Regnault's হাইগ্রোমিটার

47নং চিত্রে এই যন্ত্রের নক্‌শা দেখানো হইল। ইহাতে দুইটি মোটা কাচের নল A ও B থাকে। উভয়ের তলদেশের খানিকটা রূপা দিয়া মোড়া। বাঁদিকের নলে কিছু ইথার আছে এবং ইহার ভিতর একটি থার্মোমিটার T_1

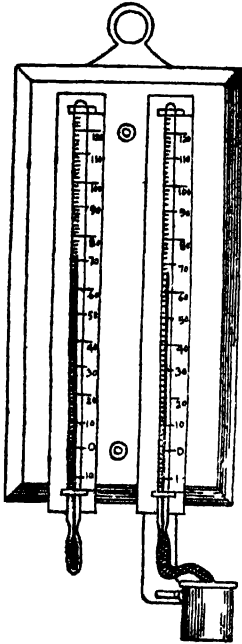
ডুবানো ; A ও B নলের মধ্যস্থলে একটি বায়ু-শোষণ পাত্র যুক্ত ইহা আর কিছুই নয়—প্যাঁচকল যুক্ত একটি জলাধার। প্যাঁচকল খুলিয়া দিলে ক্রমাগত জল বাহির হইবে এবং তাহার ফলে D নলের ভিতর দিয়া A নলে বায়ু ঢুকিবে। এই বায়ু ইথারের মধ্য দিয়া বুদ্‌বুদ্‌ কাটিয়া বাহির হইয়া যাইবে। ইহা ইথারকে বাষ্পীভূত হইতে সাহায্য করিবে এবং শৈত্যের সৃষ্টি করিবে। ইহার ফলে A নলের চতুর্দিকের বায়ুও ঠাণ্ডা হইবে এবং তাপ-মাত্রা কমিতে কমিতে যখন শিশিরাঙ্কে উপস্থিত হইবে তখন আর একটু ঠাণ্ডা হইলেই রূপার পাতের উপর শিশির জমিবে এবং রূপার উজ্জ্বলতা কমিয়া যাইবে। T_1 থার্মোমিটার হইতে তখনকার তাপমাত্রা দেখিতে হইবে। এইবার বায়ু শোষণ পাত্রের প্যাঁচকল বন্ধ করিয়া দিলে A-নলে আর বায়ু প্রবেশ করিবে না। ফলে নলটি ধীরে ধীরে উত্তপ্ত হইবে এবং শিশির অদৃশ্য হইবে। তখনকার তাপমাত্রা দেখিয়া প্রথম তাপমাত্রার সহিত গড় নির্ণয় করিলে শিশিরাঙ্ক পাওয়া যাইবে। ডানদিকের B-নলে কোন ইথার থাকে না। কাজেই ঐ নলের রূপার পাত সর্ব্বদা উজ্জ্বল থাকে এবং উহার সহিত তুলনামূলকভাবে A-নলের রূপার পাত কখন নিষ্প্রভ হয় তাহা বুঝিবার সুবিধা হয়। তাছাড়া ঐ নলে অবস্থিত T_2 থার্মোমিটার হইতে ঘরের তাপমাত্রা পাওয়া যায়।

চিত্র নং 47

এখন, সংপৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপের তালিকা হইতে ঘরের তাপমাত্রায় যে চাপ তাহা f এবং শিশিরাঙ্কে যে চাপ তাহা F হইলে,

$$\text{আপেক্ষিক আর্দ্রতা} = \frac{F}{f} \times 100\%$$

প্রশ্ন ১৩। আর্দ্র ও শুষ্ক কুণ্ড হাইগ্রোমিটার বর্ণনা কর। ইহা দ্বারা আপেক্ষিক আর্দ্রতা কিরূপে নির্ণয় করিবে?

[Describe a wet and dry bulb hygrometer. How would you-determine the relative humidity with its help ?]

উঃ। 48নং চিত্রে এই যন্ত্র দেখানো হইয়াছে। ইহাতে দুইটি পারদ থার্মোমিটার পাশাপাশি একটি ফ্রেমে আবদ্ধ থাকে। ডানদিকের থার্মোমিটারের কুণ্ড একখানা মসলিনে আবৃত থাকে। মসলিনের এক প্রান্ত একটি পাত্রের জলে ডুবানো থাকে; কৈশিক ক্রিয়ায় (capillary action) জল সর্বদাই মসলিন বাহিয়া উপরে উঠিয়া মসলিনকে সিক্ত রাখে। সিক্ত মসলিন হইতে জল সর্বদা বাষ্পে পরিণত হয় এবং ইহার জন্য প্রয়োজনীয় তাপ থার্মোমিটারের কুণ্ড এবং পারদ সরবরাহ করে। ফলে ঐ থার্মোমিটারের তাপমাত্রা বাঁ দিকের থার্মোমিটারের তাপমাত্রা অপেক্ষা কম থাকে। বাঁ দিকের থার্মোমিটার কুণ্ড শুষ্ক থাকে বলিয়া ঐ তাপমাত্রা ঘরের তাপমাত্রা নির্দেশ করে। এই দুই তাপমাত্রার পার্থক্য হইতে বায়ুর আর্দ্রতা সম্বন্ধে মোটামুটি ধারণা করা যায়। কারণ যদি বায়ু শুষ্ক থাকে —অর্থাৎ বায়ুতে জলীয়-বাষ্প কম থাকে তবে জল খুব দ্রুত বাষ্পীভূত হইবে এবং আর্দ্র কুণ্ডও দ্রুত ঠাণ্ডা হইবে। ফলে উহার পারদ খুব নীচে নামিয়া আসিবে। আবার যদি বায়ু 'ভিজা' থাকে—অর্থাৎ বায়ুতে জলীয় বাষ্প বেশী থাকে তবে আর্দ্র কুণ্ড দ্রুত ঠাণ্ডা হইবে না এবং দুই তাপমাত্রার ভিতর বিশেষ কোন পার্থক্য দেখা যাইবে না।

চিত্র নং 48

এই যন্ত্র হইতে আপেক্ষিক আর্দ্রতা নির্ণয় করিতে হইলে আর্দ্র ও শুষ্ক কুণ্ড

তালিকা (Wet and dry bulb table) ব্যবহার করিতে হইবে। এই তালিকায় শুষ্ক কুণ্ড থার্মোমিটারের তাপমাত্রা (অর্থাৎ বায়ুর তাপমাত্রা), তাহার আনুষঙ্গিক জলীয়-বাষ্পের চাপ এবং দুই থার্মোমিটারের তাপমাত্রার প্রভেদ অনুযায়ী শিশিরাঙ্কের জলীয়-বাষ্পে চাপ লেখা থাকে। যদি এই চাপ দুইটি যথাক্রমে f এবং F হয়, তবে আপেক্ষিক আর্দ্রতা $= \frac{F}{f} \times 100\%$)

প্রশ্ন ১৪। আর্দ্র ও শুষ্ক কুণ্ড হাইগ্রোমিটারে, আর্দ্র কুণ্ড থার্মোমিটারে পাঠ শুষ্ক কুণ্ড থার্মোমিটার হইতে ভিন্ন হয় কেন? কোন্ অবস্থায় দুই থার্মোমিটারের পাঠ সমান হইবে? ঐ হাইগ্রোমিটার দ্বারা আপেক্ষিক আর্দ্রতা কিরূপে নির্ণয় করা যায়?

[In a wet and dry bulb hygrometer, why does the wet-bulb thermometer give a reading different from that of the dry-bulb thermometer ? In what circumstances would both readings be the same ? How is such a hygrometer used for determining relative humidity ?] [**H. S. Exam., 1964**]

উঃ। শুষ্ক কুণ্ড থার্মোমিটার যে-পাঠ দেয় তাহা ঘরের তাপমাত্রা বুঝায়। কিন্তু আর্দ্রকুণ্ড থার্মোমিটারের কুণ্ড হইতে জল ক্রমাগত বাষ্পীভূত হয় এবং ঐ বাষ্পীভবনের জন্য যে লীনতাপ প্রয়োজন তাহা কুণ্ড সরবরাহ করে। ফলে কুণ্ড ঠাণ্ডা হইয়া পড়ে এবং ঐ থার্মোমিটারের পাঠ অনেক কম হয়। এই কারণে দুই থার্মোমিটারের পাঠের পার্থক্য দেখা যায়।

দ্বিতীয়াংশ: চতুষ্পার্শ্বস্থ বায়ুতে উপস্থিত জলীয়-বাষ্পের পরিমাণের উপর বাষ্পীভবনের দ্রুততা নির্ভর করে। যদি জলীয়-বাষ্পের পরিমাণ খুব বৃদ্ধি পায়, তাহা হইলে বাষ্পীভবন খুব ধীরে ধীরে হয়। আর বায়ুমণ্ডল জলীয়-বাষ্প দ্বারা সংপৃক্ত হইলে মোটেই বাষ্পীভবন হয় না। তখন আর্দ্রকুণ্ড ঠাণ্ডা হইবে না এবং ঘরের তাপমাত্রা অনুযায়ী পাঠ দিবে। এই অবস্থায় দুই থার্মোমিটারের পাঠ সমান হইবে।

শেষাংশ: ১৩ নং প্রশ্ন দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ১৫। শিশিরাঙ্কের সংজ্ঞা লেখ। ইহা নির্ণয়ের পর ইহা কি কাজে লাগে? বায়ুর তাপমাত্রা শিশিরাঙ্কের সমান হইলে বায়ুমণ্ডলের অবস্থা কিরূপ হয়? কোন ঘরের তাপমাত্রা বৃদ্ধি করিলে উহা (i) শিশিরাঙ্ক এবং (ii) আপেক্ষিক আর্দ্রতার উপর কি প্রভাব বিস্তার করিবে?

[Define 'dew-point.' Of what use is it when it has been found? What is the condition of the atmosphere when its dew-point is equal to the temperature of the atmosphere? If the temperature of a room is raised, explain what the effect will be on (i) the dew-point, (ii) the relative humidity of the atmosphere of the room.]

[H. S. Exam., 1960]

উঃ। সংজ্ঞা: ১১নং প্রশ্নের উত্তর দ্রষ্টব্য।

দ্বিতীয়াংশ: শিশিরাঙ্ক জানা থাকিলে আমরা উহা হইতে বায়ুর আপেক্ষিক আর্দ্রতা নির্ণয় করিতে পারি এবং এই আপেক্ষিক আর্দ্রতা নানাকারণে জানিবার প্রয়োজন হয়। দেখা গিয়াছে যে আপেক্ষিক আর্দ্রতা 50-60% হইলে আমরা বিশেষ অস্বস্তি বোধ করি না। উহার বেশী হইলেই দেহে ঘাম হয় এবং আমরা অস্বস্তি অনুভব করি।

আপেক্ষিক আর্দ্রতা বেশী হইলে বৃষ্টির সম্ভাবনা থাকে। সেইজন্য আবহাওয়া অফিস শিশিরাঙ্ক ও আপেক্ষিক আর্দ্রতার হিসাব রাখে। কার্পাস প্রভৃতি কয়েকটি শিল্পে বায়ুর আর্দ্রতার জ্ঞান থাকা প্রয়োজন, কারণ, দেখা গিয়াছে যে আর্দ্র বায়ু ঐ সকল বস্ত্রশিল্পের সহায়তা করে। কতকগুলি রোগের জীবাণু আর্দ্র আবহাওয়ায় বংশ বৃদ্ধি করে বলিয়া স্বাস্থ্যবিভাগ বায়ুর আপেক্ষিক আর্দ্রতার হিসাব রাখে। নিরাপদে বিমান চালনার জন্য বিমান-চালককে আর্দ্র বায়ুর অঞ্চল এড়াইয়া যাইতে হয়। এইজন্য বিমান চালনার জন্য আপেক্ষিক আর্দ্রতার জ্ঞান বিশেষ প্রয়োজনীয়।

তৃতীয়াংশ: তাপমাত্রাবৃদ্ধিতে শিশিরাঙ্কের বৃদ্ধি হইবে; কারণ শিশিরাঙ্ক বলিতে আমরা বুঝি যে-তাপমাত্রায় ঘরের বায়ুতে উপস্থিত জলীয়-

বাষ্প চাপ সংপৃক্ত বাষ্প চাপের সমান হয়। যেহেতু তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে সংপৃক্ত জলীয়-বাষ্পের চাপ বৃদ্ধি পায় সেই হেতু শিশিরাঙ্কের বৃদ্ধি হইবে।

(ii) তাপমাত্রা বৃদ্ধির দরুন আপেক্ষিক আর্দ্রতা হ্রাস পাইবে। আপেক্ষিক আর্দ্রতার সংজ্ঞা হইতে আমরা জানি উহা নির্দিষ্ট আয়তনের বায়ুতে উপস্থিত জলীয়-বাষ্পের ভর এবং ঐ তাপমাত্রায় ঐ বায়ুকে সংপৃক্ত করিতে প্রয়োজনীয় জলীয়-বাষ্পের ভরের অনুপাতের সমান। এখন, বর্ধিত তাপমাত্রায় বায়ুকে সংপৃক্ত করিবার জন্য বেশী পরিমাণ জলীয়-বাষ্পের প্রয়োজন। কাজেই উপরোক্ত অনুপাতের হর বৃদ্ধি পাইতেছে ; কিন্তু লব ঠিকই থাকিতেছে। কাজেই আপেক্ষিক আর্দ্রতা কমিয়া যাইবে।

প্রশ্ন ১৬। একটি আবহাওয়া সংবাদে লেখা আছে :— "গতকাল বিকাল ৫-৩০ অবধি ২৪ ঘণ্টায় সর্বাধিক আর্দ্রতা ছিল 87% এবং সর্বনিম্ন আর্দ্রতা 58%.

উপরোক্ত বিজ্ঞপ্তিতে "আর্দ্রতা" বলিতে কি বুঝাইতেছে ?

উহা কিরূপে পরিমাপ করা যায় বর্ণনা কর।

নিম্নলিখিত ক্ষেত্রে ঘরের আর্দ্রতা এবং শিশিরাঙ্ক কিরূপ পরিবর্তিত হইবে : (ক) ঘরের তাপমাত্রা বৃদ্ধি করিলে, (খ) ঘরে জল ছিটাইয়া দিলে।

[A weather report reads as follows :—"During the 24 hours ending at 5-30 P. M. yesterday the maximum humidity was 87% and the minimum 58%."

What is meant by *humidity* in the above report ?

Describe how it can be measured.

How will the humidity and the dew-point in a room be affected if (*a*) temperature rises, (*b*) water is sprinkled into the room.] **[H S Exam, 1963]**

উঃ। প্রথমাংশ ১১ নং প্রশ্ন দেখ।

দ্বিতীয়াংশ : ১২নং প্রশ্ন দেখ।

শেষাংশ : (ক) আপেক্ষিক আর্দ্রতার সংজ্ঞা হইতে আমরা জানি যে উহা নির্দিষ্ট আয়তনের বায়ুতে উপস্থিত জলীয় বাষ্পের ভর এবং ঐ তাপমাত্রার বায়ুকে সংপৃক্ত করিতে প্রয়োজনীয় জলীয় বাষ্পের ভরের অনুপাতের সমান। এখন, তাপমাত্রা বৃদ্ধি করিলে বায়ুকে সংপৃক্ত করিতে বেশী পরিমাণ জলীয় বাষ্পের প্রয়োজন। কাজেই উপরোক্ত অনুপাতের হর (denominator) বৃদ্ধি পাইতেছে ; কিন্তু লব (numerator) ঠিকই থাকিতেছে। কাজেই আর্দ্রতা কমিয়া যাইবে।

আবার, শিশিরাঙ্ক বলিতে আমরা বুঝি যে-তাপমাত্রায় বায়ুতে বর্তমান জলীয়-বাষ্পের চাপ সংপৃক্ত চাপের সমান হইবে সেই তাপমাত্রাকে। এখন, তাপমাত্রা বৃদ্ধি করিলে, সংপৃক্ত বায়ু-চাপ বৃদ্ধি পাইবে। সুতরাং শিশিরাঙ্কও বৃদ্ধি পাইবে।

(খ) ঘরে জল ছিটাইয়া দিলে, বায়ুতে উপস্থিত জলীয়-বাষ্পের পরিমাণ বৃদ্ধি পাইবে। ফলে আপেক্ষিক আর্দ্রতা বৃদ্ধি পাইবে।

বায়ুতে জলীয়-বাষ্পের পরিমাণ বৃদ্ধি পাইলে ঐ বায়ু সংপৃক্ততার দিকে অগ্রসর হইবে ; তখন ঐ বায়ুকে সংপৃক্ত করিবার জন্য পূর্বের ন্যায় তাপমাত্রা কম করিবার প্রয়োজন হইবে না। অর্থাৎ শিশিরাঙ্ক বৃদ্ধি পাইবে।

প্রশ্ন ১৭। নিম্নলিখিত প্রশ্নগুলির জবাব লিখ :—

(i) **দুইটি ঘরের তাপমাত্রা সমান। একটিতে আপেক্ষিক আর্দ্রতা 25%, অপরটিতে 55%, কোন্‌টিতে গরম বেশী বোধ হইবে ?**

[The temperature of two rooms is the same. The relative humidity of one is 25% and that of the other is 55%. In which room would you feel warmer ?]

(ii) **বর্ষাকালের চাইতে শীতকালে ভিজা কাপড় দ্রুত শুকায় যদিও বর্ষাকালের তাপমাত্রা শীতকাল অপেক্ষা বেশী থাকে। কেন ?**

[Wet clothes are usually seen to dry sooner in the cold weather than in rainy season though the temperature in the latter case is higher. Why ?] **[H. S. (Comp.) 1960]**

(iii) **পুরী ও দিল্লীতে গরমের সময় কোনও দিন তাপমাত্রা সমান থাকিলেও পুরী অপেক্ষা দিল্লী আরামপ্রদ মনে হয় কেন ?**

[A hot day in Puri causes greater discomfort than an equally hot day in Delhi. Why ?] [**H. S. Exam., 1965**]

(iv) শিশির কি ভাবে পড়ে এবং কোন কোন বস্তুর উপরে ইহা বেশী পড়ে কেন ?

[How is dew formed and why it is more copious on some substances than others ?]

(v) বড় এক টুকরা বরফকে বায়ুতে রাখিলে উহার চারিপাশে কুয়াশা দেখা যায় কেন ?

[When a lump of ice is exposed to the atmosphere, a mist forms around it. Why ?]

উঃ। (i) আমাদের গরম ও ঠাণ্ডা বোধ কিছু পরিমাণে আপেক্ষিক আর্দ্রতার উপর নির্ভর করে। কারণ বায়ুর আপেক্ষিক আর্দ্রতা বেশী হইলে গায়ের ঘাম দ্রুত বাষ্পীভূত হয় না এবং তখন আমরা গরম অনুভব করি। আবার বায়ুর আপেক্ষিক আর্দ্রতা কম হইলে ঘাম দ্রুত বাষ্পীভূত হয় এবং দেহ শীতল বোধ হয়। কাজেই দুই ঘরের তাপমাত্রা এক হইলেও যে ঘরের আপেক্ষিক আর্দ্রতা বেশী—অর্থাৎ 55% সেই ঘরে বেশী গরম বোধ হইবে।

(ii) বর্ষাকালে বায়ুমণ্ডলে প্রচুর পরিমাণ জলীয়-বাষ্প থাকে—অর্থাৎ বায়ুর আপেক্ষিক আর্দ্রতা খুব বেশী থাকে। এই কারণে ভিজা কাপড়ের জল দ্রুত বাষ্পে পরিণত হয় না এবং কাপড়ও দ্রুত শুকায় না। কিন্তু শীতকালে তাপমাত্রা কম থাকিলেও বায়ুমণ্ডল অনেক শুষ্ক থাকে। ফলে ভিজা কাপড়ের জল অপেক্ষাকৃত দ্রুত বাষ্পে পরিণত হয় এবং কাপড়ও শুকাইয়া যায়।

(iii) পুরী সমুদ্রোপকূলে অবস্থিত হওয়ায় পুরীর বায়ুমণ্ডলে সর্বদা প্রচুর পরিমাণ জলীয়-বাষ্প থাকে। দিল্লীর বায়ুমণ্ডল অপেক্ষাকৃত অনেক শুষ্ক। সুতরাং দুই জায়গায় কোন এক দিন তাপমাত্রা সমান থাকিলেও আপেক্ষিক আর্দ্রতা এক নয় এবং আমাদের আরাম ও অস্বস্তি বোধ আপেক্ষিক আর্দ্রতার উপর নির্ভর করে বলিয়া দুই জায়গায় একই রকম আরাম বোধ হইবে না। দিল্লীর আপেক্ষিক আর্দ্রতা কম থাকায় দিল্লীতে বেশী আরাম বোধ হইবে।

(iv) নানাকারণে বায়ুমণ্ডলে সর্বদা কিছু পরিমাণ জলীয়-বাষ্প থাকে। দিনে সূর্যতাপে পৃথিবী উত্তপ্ত হয় এবং রাত্রিবেলা তাপ বিকিরণ করিয়া শীতল হয়। পৃথিবীর নিকটস্থ বায়ু শীতল হইতে হইতে যখন বায়ু-তাপমাত্রা শিশিরাঙ্কে পৌঁছায় তখন বায়ুর তাপমাত্রা আর একটু কমিলেই বায়ুস্থ জলীয় বাষ্প ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র জলবিন্দুর আকারে ঘাস, পাতা ইত্যাদির উপর জমা হয়। ইহাকে শিশির বলা হয়।

যে সমস্ত বস্তু ভূ-পৃষ্ঠের নিকটবর্তী এবং যাহারা দ্রুত তাপ বিকিরণ করিয়া শীতল হইতে পারে সেই সমস্ত বস্তুর উপর শিশির বেশী জমে। গাছের পাতা, ঘাস প্রভৃতিতে শিশির বেশী জমিতে দেখা যায়।

(v) একখণ্ড বরফকে বায়ুতে খোলা অবস্থায় রাখিলে উহার চারিপাশে কুয়াসা জন্মায়। কারণ এই যে, বরফটুকরা হইতে জলবিন্দু সোজাসুজি বাষ্পীভূত হইয়া চারিপাশের বায়ুতে জমা হয়। বরফের সংস্পর্শে থাকার দরুন চতুষ্পার্শস্থ বায়ুর তাপমাত্রা দ্রুত কমিয়া যায় এবং উহার জলীয় বাষ্প জমিয়া ভাসমান ধূলিকণাকে আশ্রয় করিয়া কুয়াসার মত সৃষ্টি করে।

অঙ্ক

1. কোনও দিনের শিশিরাঙ্ক 20·2°C এবং বায়ুর তাপমাত্রা 28·6°C. ঐ দুই তাপমাত্রায় সংপৃক্ত জলীয়-বাষ্পের চাপ যথাক্রমে 18·85 mm এবং 30·9 mm হইলে ঐ দিনের আপেক্ষিক আর্দ্রতা কত?

(The dew-point on a certain day is 20·2°C and the temperature of air 28·6°C. If the saturated vapour pressures corresponding to the above temperature are 18·85 mm. and 30·9 mm. respectively, calculate the relative humidity on that day.)

উঃ। আমরা জানি, আঃ আর্দ্রতা

$$= \frac{\text{শিশিরাঙ্কের সংপৃক্ত জলীয়-বাষ্পের চাপ}}{\text{বায়ু তাপমাত্রায় সংপৃক্ত জলীয়-বাষ্পের চাপ}} \times 100\%$$

$$= \frac{18{\cdot}85}{30{\cdot}9} \times 100\% = 61\% \text{ (প্রায়)}$$

2. কোনও দিনের শিশিরাঙ্ক 8·.°C এবং বায়ুর তাপমাত্রা 18·4°C. নিম্নলিখিত তাপমাত্রা ও সংপৃক্ত জলীয়-বাষ্পের চাপের তালিকা হইতে ঐ দিনের আপেক্ষিক আর্দ্রতা নির্ণয় কর।

[The dew-point and air temperature on a certain day are respectively 8·5°C and 18·4°C. Calculate the relative humidity on that day from the following table of temperature and saturation vapour pressure.]

তাপমাত্রা	—	চাপ
8°C	—	8 04 mm.
9°C	—	8·61 ,,
18°C	—	15·46 ,,
19°C	—	16·46 ,,

উঃ। 8°C-এ সংপৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ = 8·04 mm.

9°C ,, ,, ,, ,, ,, = 8·61 ,,

সুতরাং 1°C প্রভেদে চাপের প্রভেদ = ·57 mm.

∴ 0·5 ,, ,, ,, = ·57 × ·5 = ·285 mm.

সুতরাং 8·5°C-এ সংপৃক্ত জলীয়-বাষ্পের চাপ = 8 04 + ·285

= 8·325 mm.

আবার, 18°C তাপমাত্রায় সংপৃক্ত জলীয়-বাষ্পের চাপ = 15·46 mm.

19°C ,, ,, ,, ,, ,, = 16·46 mm.

সুতরাং 1°C প্রভেদে চাপের প্রভেদ = 1 mm.

∴ 0·4 ,, ,, ,, ,, = 1 × ·4 = ·4 mm.

সুতরাং 18·4°C-এ সংপৃক্ত জলীয়-বাষ্পের চাপ = 15·46 + ·4

= 15·86 mm.

অতএব, আঃ আর্দ্রতা

$$= \frac{\text{শিশিরাঙ্কে (8·5°C) সংপৃক্ত জলীয়-বাষ্পের চাপ}}{\text{বায়ু তাপমাত্রায় (18·4°C) ,, ,, ,,}} \times 100\%$$

$$= \frac{8·325}{15·86} \times 100\% = 52·46\%$$

3. কোনও একদিন বায়ুর তাপমাত্রা 18·5°C এবং শিশিরাঙ্ক 12°C দেখা গেল। 18°C, 19°C এবং 12°C তাপমাত্রায় সংপৃক্ত জলীয়-বাষ্পের চাপ যথাক্রমে 15 46, 15 86 এবং 10·46 mm. হইলে, ঐ দিনের আপেক্ষিক আর্দ্রতা নির্ণয় কর।

[On a certain day, the temperature of the air is 18·5°C and the dew-point is 12°C. Find the relative humidity. The aqueous tensions at 18°C, 19°C and 12°C are 15·46, 15·86 and 10·46 mm. of mercury respectively.] [H. S. (Comp.), 1962]

উঃ। 18°C তাপমাত্রায় জলীয়-বাষ্পের চাপ = 15·46

19°C ,, ,, ,, ,, = 15·86

অতএব, 18°C-এর নিকটবর্তী 1°C তাপমাত্রার ব্যবধানে চাপের পার্থক্য

$$=15{\cdot}86=15{\cdot}46=0{\cdot}4 \text{ mm},$$

সুতরাং 18°C-এর নিকটবর্তী 0·5°C তাপমাত্রার ব্যবধানে চাপের পার্থক্য

$$=\frac{0{\cdot}4}{2}=0{\cdot}2 \text{ mm}.$$

কাজেই, 18·5°C তাপমাত্রায় জলীয়-বাষ্পের চাপ $=15{\cdot}46+0{\cdot}2=15{\cdot}66$ mm.

$$\therefore \text{ আপেক্ষিক আর্দ্রতা} = \frac{\text{শিশিরাঙ্কে জলীয়-বাষ্পের চাপ}}{\text{ঘরের তাপমাত্রায় জলীয়-বাষ্পের চাপ}} \times 100$$

$$=\frac{10{\cdot}46}{15{\cdot}66}\times 100 = 66{\cdot}8\% \text{ (প্রায়)}$$

4. কোনও দিনের বায়ু-তাপমাত্রা 23°C এবং আপেক্ষিক আর্দ্রতা 55%. যদি বায়ু-তাপমাত্রা কমিয়া 10°C হয় তবে বায়ুমণ্ডলে অবস্থিত জলীয়-বাষ্পের কত অংশ জমিয়া জলবিন্দুতে পরিণত হইবে? [23°C-এ সংপৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ = 21·1 mm. এবং 10°C তাপমাত্রায় ঐ চাপ = 9·2 mm.]

[On a certain day, the room temperature is 23°C and the relative humidity is 55%. If the room temperature falls to 10°C, how much of the water-vapour present in the atmosphere will condense into water drops? The saturation vapour pressure at 23°C = 21·1 mm. and that at 10°C = 9·2 mm.]

উঃ। ধর, কোন নির্দিষ্ট আয়তনের বায়ুতে জলীয়-বাষ্পের পরিমাণ $= m$.gms, এখন, আঃ আর্দ্রতা

$$=\frac{\text{বায়ুতে অবস্থিত জলীয়-বাষ্পের পরিমাণ } (m)}{\text{ঐ বায়ুকে সংপৃক্ত করিতে প্রয়োজনীয় জলীয়-বাষ্পের পরিমাণ}}=\frac{55}{100}$$

∴ 23°C তাপমাত্রায় বায়ুকে সংপৃক্ত করিতে প্রয়োজনীয় জলীয়-বাষ্পের পরিমাণ $=\frac{20}{11}\times m$.

আবার, $\frac{\text{10°C তাপমাত্রায় সংপৃক্ত জলীয়-বাষ্পের পরিমাণ}}{\text{20°C ,, ,, ,, ,, ,,}}$

$=\frac{\text{10°C-এ সংপৃক্ত জলীয়-বাষ্পের চাপ}}{\text{23°C ,, ,, ,, ,, ,,}}$

$=\frac{9\cdot2}{21\cdot1}$

∴ 10°C তাপমাত্রায় সংপৃক্ত জলীয়-বাষ্পের পরিমাণ $=\frac{9\cdot2}{21\cdot1}\times\frac{20}{11}\times m$

$=0\cdot79\times m$

∴ জলীয়-বাষ্পের যে অংশ জমিবে $=1-0\cdot79-0\cdot21$

অনুশীলনী

1. কোনও দিনের তাপমাত্রা 17°C এবং শিশিরাঙ্ক 12°C হইলে আপেক্ষিক আর্দ্রতা নির্ণয় কর। [12°C তাপমাত্রা ও 17°C তাপমাত্রায় সংপৃক্ত জলীয়-বাষ্পের চাপ যথাক্রমে 1 046 cm. ও 1 442 cm.]

[The temperature on a certain day is 17°C and the dew-point is 12°C. Calculate the relative humidity on that day given saturated vapour pressure on 12°C and 17°C are respectively 1·046 cm. and 1·442 cm.] [উঃ 72%]

2. 30°C তাপমাত্রায় কোনও দিনের আপেক্ষিক আর্দ্রতা নির্ণয় কর। ঐ দিনের শিশিরাঙ্ক 15°C. [30°C-এ সংপৃক্ত জলীয়-বাষ্পের চাপ=31·5 mm. এবং শিশিরাঙ্কে জলীয়-বাষ্পের চাপ=12·7 mm.]

[Calculate the relative hnmidity on a certain day at a temperature of 30°C. On that day the dew-point is 15°C. The saturated vapour pressure at 30°C=31·5 mm. and that at the dew-point = 12·7 mm.] [উঃ 40·3%]

3. কোনও দিনের শিশিরাঙ্ক 6°C এবং বায়ু-তাপমাত্রা 16°C. ঐ দুই তাপমাত্রার সংপৃক্ত জলীয়-বাষ্পের চাপ যথাক্রমে 7·01 এবং 13·64 mm. ঐ দিনের আপেক্ষিক আর্দ্রতা কত?

[On a certain day the dew-point is 6°C and the room temperature is 16°C. The saturated vapour pressure at those temperature are respectively 7·01 and 13·64 mm. What is the relative humidity on that day ?] [উঃ 51·4%]

4. একদিন শিশিরাঙ্ক 20·4°C এবং বায়ু তাপমাত্রা 27·9°C দেখা গেল। নিম্নলিখিত তালিকা হইতে ঐ দিনের আপেক্ষিক আর্দ্রতা নির্ণয় কর।

[On a certain day the dew-point is 20·4°C and the room temperature is 27·9°C. Calculate the relative humidity on that day from the following table of temperature and saturated vapour pressure.]

তাপমাত্রা	সংপৃক্ত জলীয়-বাষ্পের চাপ
20°C	17·54 mm.
21°C	18·65 ,,
27°C	26·75 ,,
28°C	28·36 ..

[উঃ 63·8%]

5. এক দিনের বায়ু তাপমাত্রা 16·5°C ও শিশিরাঙ্ক 12°C. ঐ দিনের আপেক্ষিক আর্দ্রতা কত?

[The dew-point and the room temperature on a day were 12°C and 16·5°C respectively. What was the relative humidity ?]

[12°C-এ সংপৃক্ত জলীয়-বাষ্পের চাপ=1·046 cm,

16°C ,, ,, ,, ,, ,, =1·364 ,,

17°C ,, ,, ,, ,, ,, =1·442 ,, [উঃ 74·5%]

6. কোনও দিনের শিশিরাঙ্ক 12°C এবং বায়ু তাপমাত্রা 25°C. 12°C এ সংপৃক্ত জলীয়-বাষ্পের চাপ 10·4 mm. হইলে বায়ুতে অবস্থিত জলীয়-বাষ্পের চাপ কত?

[On a certain day, the dew-point was found to be 12°C while the room temperature was 25°C. If the saturated vapour pres-

sure at 12°C be 10·4 mm., what was the pressure of water vapour persent in the air ?] [উঃ 10·4 mm.]

7. এক দিনের শিশিরাঙ্ক 15°C এবং বায়ু-তাপমাত্রা 30°C. 15°C এ সংপৃক্ত জলীয়-বাষ্পের চাপ 12·7 mm. হইলে বায়ুতে অবস্থিত জলীয়-বাষ্পের চাপ কত ?

[The dew-point and the room temperature on a day were respectively 15°C and 30°C. The saturation vapour pressure at 15°C was 12·7 mm. What was the pressure of water vapour present in the atmosphere ?] [উঃ 12·7 mm.]

8. কোনও দিনের বায়ু-তাপমাত্রা 23°C এবং আপেক্ষিক আর্দ্রতা 60%, 23°C ও 10°C-এ সংপৃক্ত জলীয়-বাষ্পের চাপ যথাক্রমে 21·1 mm. ও 9·2 mm হইলে 10°C তাপমাত্রা বায়ুতে উপস্থিত জলীয়-বাষ্পের কত অংশ ঘনীভূত হইবে ?

[On a certain day the room temperature was 23°C and the relative humidity 60%. If the saturated vapour pressures at 23°C and 10°C are respectively 21·1 mm. and 9·2 mm., how much of the water vapour present in the air will condense at 10°C ?] [উঃ 0·27]

[দ্রঃ করা অঙ্ক 4 নং দেখ]

9. কোন এক সময়ে তাপমাত্রা 15°C এবং শিশিরাঙ্ক 8°C ; যদি তাপমাত্রা কমিয়া 10°C হয় তবে শিশিরাঙ্ক কিরূপ পরিবর্তিত হইবে ? 7°C ও 8°C তাপমাত্রায় সংপৃক্ত জলীয়-বাষ্পের চাপ যথাক্রমে 7·49 এবং 8·02 mm.]

[The temperature at a time is 15°C and the dew-point is 8°C. If the temperature falls to 10°C, how will be the dew-point modified ? The saturated vapour pressures at 7°C and 8°C are respectively 7·49 and 8·02 mm.] [উঃ 7·74°C]

চতুর্থ পরিচ্ছেদ

তাপ সঞ্চালন

[Transmission of Heat]

****প্রশ্ন ১। যে বিভিন্ন পদ্ধতিতে উত্তপ্ত বস্তু তাপ সঞ্চালন করে তাহা উল্লেখ কর। উদাহরণসহ প্রত্যেকটির ব্যাখ্যা কর ও উহাদের পার্থক্য বুঝাইয়া দাও।**

[Mention the ways in which a body loses heat. Give a brief explanation of each way with examples and distinguish between them.] **[H. S. (Comp.), 1960]**

উঃ। উত্তপ্ত বস্তু তিন পদ্ধতিতে তাপ সঞ্চালন করে—(i) পরিবহণ, (ii) পরিচলন ও (iii) বিকিরণ।

পরিবহণ: একটি তামার দণ্ড লইয়া উহার উপর সমানভাবে মোমের প্রলেপ লাগাও এবং দণ্ডের এক প্রান্ত আগুনে ধর। দেখিবে ঐ প্রান্তের মোম খুব দ্রুত গলিয়া গেল এবং পরে ঐ প্রান্ত হইতে আস্তে আস্তে মোম গলিতে গলিতে অপর প্রান্তের দিকে অগ্রসর হইতেছে—অর্থাৎ এক প্রান্ত হইতে অপর প্রান্তে তাপ সঞ্চালিত হইতেছে। এই তাপ সঞ্চালন তামার অণুগুলিদ্বারা সম্পাদিত হইতেছে। কঠিন পদার্থের অণুগুলি পরস্পর খুব কাছাকাছি থাকে এবং যেগুলি আগুন হইতে তাপ পাইতেছে তাহারা সেই তাপ পাশের অণুগুলিকে হস্তান্তরিত করিতেছে। এইভাবে তাপ এক প্রান্ত হইতে অপর প্রান্তে অগ্রসর হয়। এই প্রণালীকে পরিবহণ বলে। সুতরাং যে পদ্ধতিতে পদার্থের উষ্ণতর অংশ হইতে শীতলতর অংশে তাপ সঞ্চালিত হয় অথচ পদার্থের অণুগুলির কোন স্থান পরিবর্তন হয় না, তাহাকে পরিবহণ বলা হয়।

পরিচলন: একটি বুনসেন বার্ণারের কিছু উপরে হাত রাখিলে যতটা উত্তাপ বোধ হয়, সমান দূরে পাশে রাখিলে ততটা বোধ হয় না। ইহা হইতে

বোঝা যায় যে বায়ুর তাপ পরিবহণের জন্য এরূপ হয় না; কারণ পরিবহণের জন্য হইলে সব দিকেই সমান ভাবে উত্তাপ বোধ হইত।

এখন, একটি দুমুখ খোলা কাচের চোঙ দিয়া বার্ণারটিকে আবৃত করিয়া একখানি ধূমায়মান কাগজ চোঙের তলায় ধর। দেখিবে ধোঁয়া তলা হইতে চোঙে প্রবেশ করিবে এবং চোঙ বাহিয়া উপরে উঠিবে এবং চোঙের উপরে হাত রাখিলে উত্তপ্ত হাওয়া হাতে আসিয়া লাগিবে। ইহা দ্বারা প্রমাণ হয় যে বার্নারের উত্তাপ উত্তপ্ত বায়ুকণার গতির দ্বারা উপরের দিকে সঞ্চালিত হয়। সুতরাং যে পদ্ধতিতে পদার্থের উত্তপ্ত কণাগুলি উষ্ণতর স্থান হইতে শীতলতর স্থানে গমন করিয়া তাপ সঞ্চালন করে, তাহাকে পরিচলন বলে।

বিকিরণ: একটি জলন্ত উনুনের পাশে বসিলে বেশ গরম লাগে তাহা তোমরা জান। অথচ আমরা দেখিয়াছি বায়ু ভাল তাপ পরিবহণ করে না এবং পরিচলনের ফলে তাপ উর্দ্ধে প্রবাহিত হয়। অথচ, পাশে বসিলে বেশ গরম অনুভব করা যায়। সুতরাং এই তাপ সঞ্চালনের পদ্ধতি সম্পূর্ণ ভিন্ন।

শীতকালে আগুনের পাশে বসিলে গরম লাগে কিন্তু আগুন নিভাইয়া ফেলিলেই আবার ঠাণ্ডা লাগে। ইহা প্রমাণ করে যে পুর্বের তাপ যে পদ্ধতিতে আসিয়াছিল তাহা বায়ুকে উত্তপ্ত করে নাই। সূর্যের উত্তাপ পৃথিবীতে পৌছিবার পুর্বে বায়ুমণ্ডল ভেদ করিয়া আসে। কিন্তু ইহাতে বায়ুমণ্ডল উত্তপ্ত হয় না। সুতরাং যে পদ্ধতিতে কোন মাধ্যমের সাহায্য না লইয়া বা মাধ্যম থাকিলে উহাকে উত্তপ্ত না করিয়া তাপ একস্থান হইতে অন্যস্থানে গমন করে তাহাকে বিকিরণ বলে।

তিন পদ্ধতির পার্থক্য:

(1) পরিবহণ বা পরিচলন পদ্ধতিতে তাপ কোন মাধ্যম (কঠিন, তরল বা বায়বীয়) অবলম্বন করিয়া চলাচল করে কিন্তু বিকিরণ পদ্ধতিতে কোন মাধ্যমের প্রয়োজন হয় না। পরিবহণে বস্তুর উত্তপ্ত কণাগুলির কোন স্থান পরিবর্তন হয় না কিন্তু পরিচলনে উত্তপ্ত কণাগুলি নিজেরাই তাপ বহন করিয়া একস্থান হইতে অন্যস্থানে গমন করে। সাধারণতঃ পরিবহণ কঠিন পদার্থে

এবং পরিচলন তরল ও বায়বীয় পদার্থে সংঘটিত হয়। আর, বিকিরণ শূন্য-স্থানে তরঙ্গের আকারে গমন করে।

(2) পরিচলন বা পরিবহণ খুব মন্থর পদ্ধতি ; কিন্তু বিকিরণ অতিশয় দ্রুত পদ্ধতি। আলোর গতিবেগের সমান বেগে বিকিরিত তাপ একস্থান হইতে অন্যস্থানে গমন করে।

(3) পরিচলন বা পরিবহণে তাপ যে-কোন পথে গমন করিতে পারে ; কিন্তু বিকিরিত তাপ সর্বদা সরলরেখায় চলাচল করে।

(4) পরিচলন বা পরিবহণে তাপ যে মাধ্যম অবলম্বন করিয়া যাতায়াত করে তাহাকে উত্তপ্ত করে ; কিন্তু বিকিরণে তাপ মাধ্যমকে উত্তপ্ত না করিয়া যাতায়াত করে।

***প্রশ্ন ২। পরিবাহিতা ও পরিবাহিতাঙ্ক কাহাকে বলে? লোহার পরিবাহিতাঙ্ক 1·2 বলিতে কি বুঝায়? বিভিন্ন পদার্থের পরিবাহিতা তুলনা করিবার একটি পরীক্ষা বর্ণনা কর।**

[What do you mean by conductivity and coefficient of conductivity ? 'Coefficient of conductivity of iron is 1·2'—What does this statement mean ? Describe an experiment to compare the conductivity of different materials.]

[cf. H. S. Exam., 1962, '66]

উঃ। তাপ পরিবহণের গুণকে পরিবাহিতা বলে। যে সমস্ত পদার্থ খুব সহজে তাপ পরিবহণ করে তাহাদের সুপরিবাহী এবং যে সমস্ত পদার্থ ঐরূপ পারে না তাহাদের কুপরিবাহী বলে।

পরিবাহিতাঙ্ক : 'পরিবাহিতাঙ্ক' দ্বারা কোন্ পদার্থ কতটা তাপের পরিবাহী তাহা পরিমাণমূলকভাবে বুঝান হয়। একক বেধ (thickness) ও একক ক্ষেত্রফলযুক্ত কোন পদার্থখণ্ডের বিপরীত পৃষ্ঠের তাপমাত্রাভেদ একক হইলে এক সেকেণ্ডে উহার মধ্য দিয়া লম্বভাবে যে-তাপ প্রবাহিত হয় তাহা ঐ পদার্থের পরিবাহিতাঙ্কের সমান।

ধর, কোন পদার্থের একটি আয়তাকার প্লেট লওয়া হইল (চিত্র নং 49)। A = প্লেটের ক্ষেত্রফল ; d = প্লেটের বেধ ; t_1 ও t_2 = দুই সমান্তরাল পৃষ্ঠের

তাপমাত্রা ($t_1 > t_2$), T = যে সময় ধরিয়া তাপ প্রবাহিত হইল এবং Q = যে পরিমাণ তাপ প্রবাহিত হইল। এক্ষেত্রে

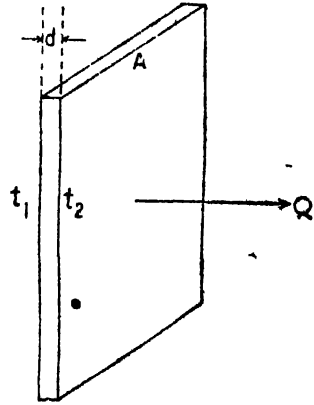
চিত্র নং 49

$$Q \propto A$$
$$\propto (t_1 - t_2)$$
$$\propto T$$
$$\propto \frac{1}{d}$$

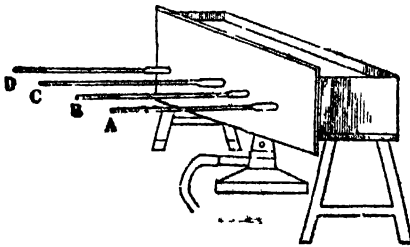
অর্থাৎ $Q \propto \frac{A(t_1 - t_2)T}{d}$

অথবা $Q = \frac{K.\ A\ (t_1 - t_2)\ T}{d}$

[K = ধ্রুবক]

ধ্রুবক 'K'-কে উক্ত পদার্থের পরিবাহিতাঙ্ক বলা হয়।

লোহার পরিবাহিতাঙ্ক 1·2 বলিতে ইহাই বুঝায় যে এক বর্গ সেণ্টিমিটার ক্ষেত্রফলযুক্ত, 1 সেণ্টিমিটার পুরু লৌহখণ্ড লইয়া উহার বিপরীত পৃষ্ঠের তাপমাত্রাভেদ 1°C করিলে এক সেকেণ্ডে 1·2 ক্যালরি তাপ উহার মধ্য দিয়া এক পৃষ্ঠ হইতে অপর পৃষ্ঠে লম্বভাবে প্রবাহিত হইবে।

পরিবাহিতার তুলনা :

বিভিন্ন পদার্থের পরিবাহিতার তুলনা করিবার সহজ উপায় হইতেছে Ingen Hausz-এর পরীক্ষা। 50নং চিত্রে এই পরীক্ষা-ব্যবস্থা দেখানো হইয়াছে।

চিত্র নং 50

A, B, C, D প্রভৃতি কতগুলি বিভিন্ন পদার্থের দণ্ড। ইহাদের দৈর্ঘ্য ও প্রস্থচ্ছেদ সমান ও ইহাদের উপর সমানভাবে মোমের প্রলেপ দেওয়া আছে। একটি ধাতুপাত্রের সহিত উহারা কর্কের সাহায্যে যুক্ত এবং প্রত্যেক দণ্ডের একপ্রান্ত ধাতুপাত্রে রক্ষিত জলে

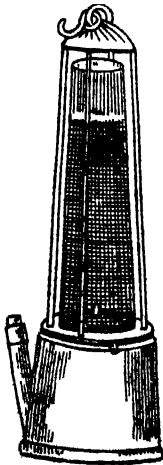
ডুবানো। ধাতুপাত্রের জল ফুটাইলে প্রত্যেক দণ্ডের একপ্রান্ত সমানভাবে ফুটন্ত জলের তাপমাত্রা পাইবে এবং দণ্ড বাহিয়া তাপ শীতলপ্রান্তের দিকে প্রবাহিত হইবে। ইহার ফলে দণ্ডের মোমের প্রলেপ গলিতে থাকিবে এবং দেখা যাইবে যে বিভিন্ন দণ্ডে মোমের প্রলেপ বিভিন্ন দূরত্ব পর্যন্ত গলিয়াছে। যে দণ্ডে বেশী দূর পর্যন্ত মোম গলিবে তাহার পরিবাহিতা সর্বাপেক্ষা বেশী।

গাণিতিক নিয়মানুযায়ী প্রমাণ করা যায় যে দণ্ডগুলির পরিবাহিতাঙ্ক k_1, k_2 ইত্যাদি এবং উহাদের উপর মোম গলাব দূরত্ব l_1, l_2 ইত্যাদি হইলে,

$$\frac{k_1}{l_1^2}=\frac{k_2}{l_2^2}= \text{ধ্রুবক।}$$

এই সমীকরণ হইতে বিভিন্ন বস্তুর পরিবাহিতা তুলনা করা যায়।

প্রশ্ন ৩। Davy-র নিরাপত্তা বাতি বর্ণনা কর। পরীক্ষা দ্বারা প্রমাণ কর যে জল তাপের কুপরিবাহী।

[Explain the working of a Davy's safety lamp [**H. S. (Comp.), 1960, 1963, 1965**] and prove experimentally that water is a bad conductor of heat.]

চিত্র নং 51

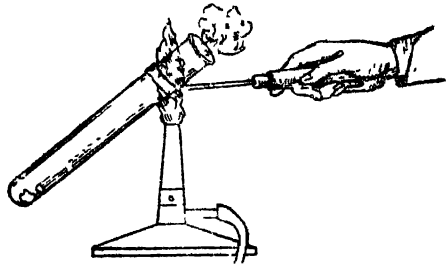
উঃ। Davy-র নিরাপত্তা বাতি :

তামার জালের সুপরিবাহিতা গুণকে প্রয়োগ করিয়া Davy এই বাতি উদ্ভাবন করিয়াছেন। এই বাতি খনির মজুরেরা খনির ভিতর ব্যবহার করে। নানাকারণে খনির ভিতরে বিস্ফোরক গ্যাস থাকে। খোলা আগুন খনির ভিতরে নিলে বিস্ফোরণের সম্ভাবনা থাকে। কিন্তু এই বাতিতে সে ভয় থাকে না।

51 নং চিত্রে এই বাতির ছবি দেখানো হইল। একটি ঠাস-বুনন্ তামার জাল দিয়া একটি শিখাকে ঘিরিয়া রাখার ব্যবস্থা করা হইয়াছে। তামার জাল তাপের খুব ভাল পরিবাহী বলিয়া শিখার উত্তাপ তামার জালে পৌঁছিলে জাল উহা তৎক্ষণাৎ চতুর্দিকে ছড়াইয়া দেয়।

এই কারণে বাহিরে বিস্ফোরক গ্যাস থাকিলেও যথেষ্ট তাপ না পাওয়াতে উহা জ্বলন-বিন্দুতে পৌঁছাইতে পারে না এবং বিস্ফোরণ হয় না। বাহিরের গ্যাস তামার জাল ভেদ করিয়া অল্প অল্প ভিতরে ঢোকে এবং অগ্নি সংস্পর্শে জ্বলে। ইহা দূষিত গ্যাস হইলে শিখার রং বদলাইয়া যায় এবং তখন খনির লোকেরা সাবধান হয়। এই বাতিতে এমন পরিমাণ তেল লওয়া হয় যে অল্প অল্প করিয়া বাহিরের গ্যাস জ্বলন-বিন্দুতে পৌঁছাইতে যে সময় লয় তাহার ভিতরে তেল ফুরাইয়া যায় এবং বাতি নিভিয়া যায়।

জলের কুপরিবাহিতা :

একটি টেস্টটিউব জলপূর্ণ কর। এক টুকরা বরফের সহিত ভারী কিছু আটকাইয়া টেস্টটিউবে ফেলিয়া দিলে উহা টেস্ট-টিউবের তলায় থাকিবে। এইবার টেস্টটিউবকে কাত করিয়া ধরিয়া বুনসেন বার্ণার দ্বারা উপরের অংশ গরম কর (52 নং চিত্র)। সাবধানে পরীক্ষা চালাইলে দেখা যাইবে যে উপরের অংশের জল ফুটিতেছে কিন্তু নীচের অংশের বরফ গলিল না। জল তাপের কুপরিবাহী হওয়ায় উপরের অংশ হইতে নীচের অংশে কোন তাপ পরিবাহিত হয় না। সেই কারণে বরফ টুকরাটি গলিতে পারে না।

চিত্র নং 52

প্রশ্ন ৪। নিম্নলিখিত প্রশ্নগুলির উত্তর লেখ :

(i) রৌদ্রে রাখা একখণ্ড লোহা ও একখণ্ড কাঠকে হাত দিয়া স্পর্শ করিলে কোনটি বেশী উত্তপ্ত হইবে এবং কেন ?

[If you touch a piece of iron and a piece of wood lying exposed to the heat of sun, which feels hotter and why ?]

(ii) বুনসেন বার্ণারের উপর একটি তামার জাল রাখিয়া গ্যাসে অগ্নিসংযোগ করিলে শিখা উপরেই থাকে—নীচে প্রসারিত হয় না কেন?

[If a copper gauze is held over a gas burner and the gas is lighted above the gauze, the flame does not go below the gauze. Why?] [H. S. Exam., 1964]

(iii) শীতকালে কোন্‌টিতে বেশী আরাম বোধ হইবে—একটি পুরু জামা গায় দিলে, না উহার অর্ধেক পুরু দুইটি জামা গায় দিলে?

[Which will give you more comfort in winter, one thick shirt or two of half the thickness, the material being the same?]

(iv) গরমকালে সাদা পোশাক এবং শীতকালে রঙিন পোশাক ব্যবহার করা হয় কেন?

[White clothes are preferred in summer days while coloured clothes are preferred in winter. Why?]

(v) সমুদ্রের ধারে গ্রীষ্মকালে দিনের বেলাতে সমুদ্র হইতে স্থলের দিকে হাওয়া আসে কিন্তু রাত্রিতে হাওয়ার অভিমুখ উল্টাইয়া যায়। কেন?

[Why is it that during a hot day at the sea-side there is usually a breeze from the sea while during night, the direction of the breeze is reversed?]

(vi) পশমের পোশাককে গরম পোশাক বলা হয় কেন?

[Why are woolen clothes called warm clothes?]

উঃ (i) লোহা তাপের সুপরিবাহী কিন্তু কাঠ তাপের কুপরিবাহী। এইজন্য লোহা ও কাঠ রৌদ্রে রাখিলে যদিও উহাদের তাপমাত্রা এক তবুও হাত দিয়া স্পর্শ করিলে কাঠ অপেক্ষা লোহা অনেক গরম মনে হইবে। লোহা খুব দ্রুত তাপ হাতে পরিবহণ করিবে কিন্তু কাঠ তাহা করিতে পারিবে না।

(ii) তামার জাল তাপের খুব সুপরিবাহী। এই কারণে জালের উপরে জ্বলন্ত শিখা হইতে তাপ তামার জাল কর্তৃক দ্রুত চতুর্দিকে পরিবাহিত হইবে—নীচে যাইতে পারিবে না। ফলে জালের নীচের গ্যাস যথেষ্ট তাপ না পাওয়াতে জ্বলন-বিন্দুতে পৌঁছাইতে পারিবে না এবং জ্বলিবে না।

একই কারণে প্রথমে শিখায় অগ্নি সংযোগ করিয়া পরে শিখার উপর তামার জাল চাপিয়া ধরিলে দেখা যাইবে যে শিখা নীচেই জ্বলিতেছে—জাল ভেদ করিয়া উপরে উঠিতে পারিতেছে না।

(iii) শীতকালে একটি অপেক্ষা অর্ধেক পুরু দুইটি জামা গায় দিলে বেশী আরাম লাগিবে। ইহার কারণ এই যে দুইটি জামার ভিতরে সর্বদা একটি বায়ু-স্তর আবদ্ধ থাকে। বায়ু তাপের কুপরিবাহী। সুতরাং দেহের তাপ এই বায়ুস্তর কর্তৃক পরিবাহিত হইতে না পারিয়া দেহকে উত্তপ্ত রাখে। কিন্তু একটি জামার বেলাতে উহা হইবে না।

(iv) গরমকালে সাদা পোশাক ও শীতকালে রঙিন পোশাক পরিবার কারণ আছে। সাদা রং খুব কম তাপ শোষণ করে এবং বেশীর ভাগ তাপকে প্রতিফলিত করে। সুতরাং গরমকালে সাদা পোশাক ব্যবহার করিলে সূর্যতাপ সাদা-পোশাক দ্বারা শোষিত হইবে না এবং বিশেষ গরম লাগিবে না। পক্ষান্তরে, রঙিন পোশাক বেশী তাপ শোষণ করিবে এবং কম তাপ প্রতিফলিত করিবে। সেইজন্য শীতকালে রঙিন পোশাক সূর্য-তাপ শোষণ করিয়া দেহ উত্তপ্ত রাখে।

(v) জল অপেক্ষা স্থলের আপেক্ষিক তাপ কম। ফলে, দিনের বেলাতে স্থল জল অপেক্ষা বেশী উত্তপ্ত হয় এবং তৎসংলগ্ন বায়ু গরম হইয়া উপরে ওঠে, এবং সমুদ্র হইতে ঠাণ্ডা হাওয়া স্থলের দিকে প্রবাহিত হয়। এই কারণে সমুদ্রের ধারে গ্রীষ্মকালে দিনের বেলাতে সমুদ্র হইতে স্থলের দিকে হাওয়া আসে। ইহাকে সমুদ্রবায়ু বলে।

আবার, রাত্রে স্থল জল অপেক্ষা দ্রুত ঠাণ্ডা হইয়া পড়ে। সুতরাং সমুদ্রের উপর গরম হাওয়া উপরে উঠিয়া যায় এবং স্থল হইতে অপেক্ষাকৃত ঠাণ্ডা হাওয়া সমুদ্রের দিকে প্রবাহিত হয়। তাই, রাত্রিতে হাওয়ার অভিমুখ উলটাইয়া যায়। ইহাকে স্থলবায়ু বলে।

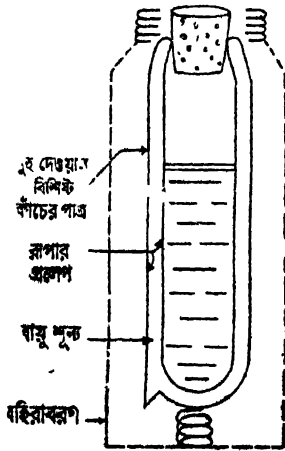
(vi) পশমের পোশাককে গরম পোশাক বলা হইলেও, সত্যই উহা গরম নয়। পশমের পোশাক এবং সূতীর তৈয়ারী তথাকথিত 'ঠাণ্ডা পোশাক' থার্মোমিটারের সাহায্যে পরীক্ষা করিলে একই রকম উষ্ণ বলিয়া প্রমাণিত হইবে। শীতকালে পশমী পোশাক পরিলে আমরা গরম বোধ করি বলিয়া ঐ পোশাককে গরম পোশাক বলা হয়। ইহার কারণ এই যে পশমের ভিতরে অসংখ্য ছিদ্র থাকে এবং ঐ ছিদ্রগুলি সর্বদা বায়ুপূর্ণ থাকে। বায়ু তাপের কুপরিবাহী। ফলে পোশাকের ঐ বায়ুস্তর দেহের তাপকে বাহিরে যাইতে দেয় না এবং ইহাতে দেহ গরম থাকে।

****প্রশ্ন ৫। থার্মোসফ্লাস্ক বর্ণনা কর এবং কি উপায়ে ইহাতে তিন পদ্ধতিতে তাপ সঞ্চালন নিবারিত হয় তাহা ব্যাখ্যা কর।**

[Describe a thermosflask and explain how the transmission of heat by the three processes is effectively prevented in it.]

উঃ। উষ্ণ তরল বহুক্ষণ যাবৎ উষ্ণ অথবা ঠাণ্ডা তরল বহুক্ষণ যাবৎ ঠাণ্ডা রাখিবার জন্য থার্মোসফ্লাস্ক ব্যবহৃত হয়। তরল বায়ুকে ঠাণ্ডা পারিপার্শ্বিকে তরল রাখিবার জন্য সার জেমস্ ডেওয়ার এই ফ্লাস্ক আবিষ্কার করেন। 53নং চিত্রে এই ফ্লাস্কের একটি নকশা দেখানো হইল।

চিত্র নং 53

ইহা একটি দুই দেওয়াল-বিশিষ্ট কাচের পাত্র। বাহিরের দেওয়ালের ভিতরের দিক এবং ভিতরের দেওয়ালের বাহিরের দিক রূপার প্রলেপ দ্বারা চকচকে করা হয়। দুই দেওয়ালের ভিতরস্থ বায়ু সম্পূর্ণ বাহির করিয়া লইয়া অতঃপর উহাদের মুখ গলাইয়া বন্ধ করা হয়। বাহির হইতে আঘাত লাগিয়া কাচ যাহাতে না ভাঙ্গিয়া যায় এইজন্য ইহাকে একটি ধাতব বহিরাবরণে আবৃত

রাখা হয়। বহিরাবরণ ও কাচপাত্রের মধ্যে একটি স্প্রিং থাকে। ফ্লাস্কের মুখ কর্ক দ্বারা বন্ধ করা থাকে।

ফ্লাস্কের ভিতর উষ্ণ তরল রাখিলে উহা হইতে তাপ পরিবহণ বা পরিচলন পদ্ধতিতে বাহিরে আসিতে পারিবে না; কারণ দুই কাচের দেওয়ালের মধ্যের স্থান বায়ুশূন্য। ভিতরের দেওয়াল রূপার প্রলেপযুক্ত হওয়ায় ইহা বিকিরণের সাহায্য করে না। যদিও বা কিছু তাপ বিকিরিত হয় তাহা হইলেও বাহিরের দেওয়ালের ভিতরের চকচকে তল হইতে উহা পুনরায় প্রতিফলিত হইয়া আসিবে। সুতরাং এই ফ্লাস্ক তিন পদ্ধতিতে তাপক্ষয় নিবারণ করে।

তাছাড়া, কর্ক, বায়ু ইত্যাদি—যাহা ফ্লাস্ক ও ইহার বহিরাবরণকে সংযুক্ত করে—সবই তাপের কুপরিবাহী। সুতরাং কাচের দেওয়াল বাহিয়া যে সামান্য তাপ পরিবাহিত হয় তাহাও বহিরাবরণে পৌঁছাইবে না।

একই কারণে বাহির হইতে তাপ ফ্লাস্কের ভিতরে প্রবেশ করিতে পারিবে না। সুতরাং ফ্লাস্কে রক্ষিত ঠাণ্ডা তরল বহুক্ষণ যাবৎ ঠাণ্ডা থাকিবে।

প্রশ্ন ৬। নিম্নলিখিত বিষয়গুলি ব্যাখ্যা কর:—

(ক) থার্মোস্‌ফ্লাস্কের দুই দেওয়ালের মধ্যবর্তী স্থান বায়ুশূন্য করা হয় কেন? (খ) দুই দেওয়ালের মুখোমুখী তল চকচকে করা থাকে কেন? (গ) ফ্লাস্কের মুখ কর্ক দ্বারা বন্ধ রাখা হয় কেন?

[Explain :—(*a*) Why the space between the double walls of a thermosflask is evacuated? (*b*) Why the surface of these walls facing the vacuum are silvered? (*c*) Why the mouth of the flask is closed by a cork?]

[H. S. (Comp)., 1964]

উঃ। ৫নং প্রশ্নের উত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ৭। নিম্নলিখিত বিষয়গুলি প্রমাণ করিবার জন্য প্রত্যেক ক্ষেত্রে একটি করিয়া পরীক্ষা বর্ণনা কর:—(ক) লোহা অপেক্ষা তামার পরিবাহিতা বেশী (খ) জল তাপের কুপরিবাহী, (গ) চকচকে তল অপেক্ষা কালো তল বেশী তাপ শোষকার

[Describe experiments, one in each case, to show that (a) copper is a better conductor of heat than iron, (b) water is a bad conductor of heat and (c) a blackened surface is a better absorber of heat than a bright one.]

উঃ। (a) ২নং প্রশ্নের উত্তর দেখ। উক্ত উত্তরে Ingen Hausz-এর পরীক্ষায় একটি তামার ও একটি লোহার দণ্ড লইলে দেখা যাইবে যে লোহা অপেক্ষা তামার দণ্ডে মোম বেশীদূর গলিয়াছে। ইহা প্রমাণ করিবে যে লোহা অপেক্ষা তামার পরিবাহিতা বেশী।

(b) ৩নং প্রশ্নের উত্তরের শেষাংশ দেখ।

(c) দুইটি একই রকম থার্মোমিটার লইয়া একটির কুণ্ড ভূষোকালি মাখাইয়া কালো কর। অতঃপর দুইটি থার্মোমিটারকে রৌদ্রে রাখ। কিছুক্ষণ পরে দেখিবে যে ঐ থার্মোমিটারের তাপমাত্রা অপরটি অপেক্ষা বেশী। ইহার কারণ এই যে ভূষোকালি মাখান কুণ্ড চকচকে কুণ্ড অপেক্ষা বেশী তাপ শোষণ করিয়াছে। সুতরাং এই সহজ পরীক্ষা দ্বারা প্রমাণিত হয় যে চকচকে তল অপেক্ষা কালো তল বেশী তাপ শোষণ করে।

প্রশ্ন ৮। পরিবহন ও পরিচলন পদ্ধতির পার্থক্য উদাহরণ সহযোগে ব্যাখ্যা কর। একই ধরনের দুইটি পাত্রে গরম জল রাখা হইল। একটি পাত্রের তল চকচকে সাদা কিন্তু অন্যটির তল কালো ও অমসৃণ। কোন্ পাত্রের জল দ্রুত ঠাণ্ডা হইবে?

[Distinguish between conduction and convection, giving examples. Hot water is placed in two identical vessels, one with a polished white surface, and the other with a rough black surface. Which one will cool more quickly and why?] [**H. S. (Comp)., 1965**]

উঃ। **প্রথমাংশ:** ১নং প্রশ্নের উত্তর দ্রষ্টব্য।

শেষাংশ: বস্তু কৃষ্ণবর্ণ ও অমসৃণ হইলে তাহারা উত্তম বিকিরক হয়। বস্তু চকচকে এবং মসৃণ হইলে উহা উত্তম বিকিরক হয় না। ফলে, কৃষ্ণবর্ণ এবং অমসৃণ পাত্রে রক্ষিত জল দ্রুত তাপ বিকিরণ করিয়া শীতল হইবে। অন্য পাত্রের জল দ্রুত তাপ বিকিরণ করিতে পারিবে না এবং শীতল হইবে না।

অঙ্ক

1. একটি কাচের জানালা 7 mm. পুরু এবং 1 sq. metre ক্ষেত্রফলযুক্ত। জানালার দুই পাশের তাপমাত্রার প্রভেদ 32°C হইলে প্রতি ঘণ্টায় জানালা দিয়া কত তাপ পরিবাহিত হইবে নির্ণয় কর। [কাচের পরিবাহিতাঙ্ক $=5\times10^{-4}$]

[A glass window is 7 mm. thick and 1 sq. metre in area. If the temperature difference between the two sides of the window is 32°C, find how much heat will be conducted per hour through the window. Thermal conductivity of glass $=5\times10^{-4}$]

উঃ। আমরা জানি, $Q=\frac{K.A(t_1-t_2)T}{d}$

এক্ষেত্রে, $K=5\times10^{-4}$; $A=10^4$ sq. cm. ; $(t_1-t_2)=32°C$;

$d=7$ mm. $=0·7$ cm. ; $T=60\times60$ sec ;

সুতরাং $Q=\frac{5\times10^{-4}\times10^4\times32\times60\times60}{0·7}$

$=82·2\times10^4$ cal.

2. 4 mm. পুরু ও 150 sq. cm. ক্ষেত্রফলযুক্ত একটি লোহার পাতের একপাশে বরফ ও অন্যপাশে ফুটন্ত জল আছে। লোহার পরিবাহিতাঙ্ক 0·15 হইলে এক ঘণ্টায় কত বরফ গলিবে নির্ণয় কর। [বরফ গলিবার লীন-তাপ=80 cal.]

[An iron plate 4 mm. thick and 150 sq. cm. in area has ice on one side and boiling water on the other. If the thermal conductivity of iron is 0·15, find how much ice will melt in an hour. Latent heat of fusion of ice = 80 cal.]

উঃ। প্রথমে নির্ণয় করিতে হইবে যে লোহার পাতের ভিতর দিয়া প্রতি ঘণ্টায় কত তাপ ফুটন্ত জল (100°C) হইতে বরফে (0°C) পরিবাহিত হইতেছে। আমরা জানি,

$$Q=\frac{K.A(t_1-t_2)T}{d}$$

এক্ষেত্রে, $K=0·15$; $A=150$ sq. cm. ; $(t_1-t_2)=100°C$,

$d=4$ mm. $=0·4$ cm. ; $T=60\times60$ sec ;

সুতরাং, $Q = \frac{0{\cdot}15 \times 150 \times 100 \times 60 \times 60}{0{\cdot}4}$ cal.

এখন, প্রতি গ্রাম বরফ গলিবার জন্য 80 cal. তাপ প্রয়োজন। সুতরাং উক্ত তাপে যে পরিমাণ বরফ গলিবে তাহা $= \frac{0{\cdot}15 \times 150 \times 100 \times 60 \times 60}{0{\cdot}4 \times 80}$

$= 253125$ gms.

$= 253{\cdot}12$ Kilograms.

3. একটি ঘনকের প্রত্যেক পাশের দৈর্ঘ্য 5 cm. এবং উহাকে 0°C তাপমাত্রায় বরফ দিয়া ভর্তি করিয়া 100°C তাপমাত্রায় জলের মধ্যে সম্পূর্ণ নিমজ্জিত করা হইল। সব বরফ গলিতে কত সময় লাগিবে নির্ণয় কর। ঘনকের প্রত্যেক পাশ 2 cm. পুরু এবং উহার উপাদানের পরিবাহিতাঙ্ক $= 0{\cdot}16$ C. G. S. unit, বরফের ঘনত্ব $= 0{\cdot}9$ gm/c.c.

[A cubical vessel of 5 cm. side is filled with ice at 0°C and is immersed in a water-bath at 100°C. Find the time in which all ice will melt. Thickness of the vessel = 2 cm ; thermal conductivity of its material $= 0{\cdot}16$ C. G. S. unit and density of ice $= 0{\cdot}9$ gm/c.c.]

উঃ। বরফের আয়তন $= 5 \times 5 \times 5 = 125$ c.c.,

উহার ভর $= 125 \times 0{\cdot}9 = 112{\cdot}5$ gm.

প্রতি গ্রাম বরফ গলিতে 80 cal. তাপ প্রয়োজন হয়। অতএব, 112·5 gm. বরফ গলিতে যে-তাপের প্রয়োজন তাহা $= 112{\cdot}5 \times 80$ cal.

ধর, ঐ তাপ ঘনকের মধ্যে T sec. সময়ে উষ্ণ জল হইতে পরিবাহিত হইল। এখন,

$$Q = \frac{K. A (t_2 - t_1) T}{d}$$

ঘনকের মোট ছয়তল হইতে তাপ প্রবেশ করিতেছে বলিয়া এক্ষেত্রে

$$Q = \frac{6 K. A. (t_1 - t_2) T}{d}$$

কিন্তু, $Q = 112{\cdot}5 \times 80$ cal ;

$$A=5\times5=25 \text{ sq. cm.}; (t_2-t_1)=100^\circ C; d=2 \text{ cm.}; K=0\cdot16;$$

কাজেই, $$112\cdot5\times80=\frac{6\times0\cdot16\times25\times100\times T}{2}=\frac{96\times25\times T}{2}$$

$$\therefore\ T=\frac{112\cdot5\times2\times80}{96\times25} \text{ sec.}$$

$$=7\cdot5 \text{ sec.}$$

অনুশীলনী

1. একটি তামার পাত 1 metre লম্বা, 1 metre চওড়া এবং 1 cm. পুরু। উহার দুই পৃষ্ঠের তাপমাত্রার প্রভেদ 10°C হইলে প্রতি মিনিটে পাতের ভিতর দিয়া কত তাপ পরিবাহিত হইবে ? [তামার পরিবাহিতাঙ্ক=0·96]

[A copper plate 1 metre long, 1 metre broad and 1 cm. thick has two opposite faces at a difference of temperature of 10°C. How much heat will flow through the plate per minute ? Thermal conductivity of copper=0·96] [উঃ 576×10^4 cal.]

2. 0·3 cm. পুরু একটি কাচের জানালার ভিতরের দিকের তাপমাত্রা 30°C এবং বাহিরের দিকের তাপমাত্রা 40°C. জানালার ক্ষেত্রফল 2 sq. metres হইলে কি হারে তাপ ভিতরে প্রবেশ করিবে নির্ণয় কর। [কাচের পরিবাহিতাঙ্ক=5×10^{-4}]

[The inside and outside temperature of a glass-window of a room are 30°C and 40°C respectively. The glass is 0·3 cm. thick and has an area of 2 sq. metres. Calculate the rate at which heat flows into the room from outside through the glass window. Thermal conductivity of glass=5×10^{-4}]

[উঃ $1\cdot3\times10^3$ cal/sec.]

3. একটি তামার পাত 90 cm. দীর্ঘ, 65 cm. চওড়া এবং 8·4 cm. পুরু। উহার দুই পাশের তাপমাত্রা 5°C এবং 50°C. তামার পরিবাহিতাঙ্ক 0·95 হইলে প্রতি মিনিটে কত তাপ পাতের ভিতর দিয়া পরিবাহিত হইবে ?

[A copper plate, 90 cm. long, 65 cm. broad and 8·4 cm. thick has two opposite faces at temperature 5°C and 50°C. If thermal conductivity of copper be 0·95, find how much heat flows through the plate per minute.] [উঃ $17\cdot8\times10^5$ cal.]

4, একটি লোহার দেওয়াল 3 cm. পুরু। উহার প্রতি 1 sq. metre ক্ষেত্রফলের ভিতর দিয়া প্রতি মিনিটে যদি 30000 cal. তাপ পরিবাহিত হয় তবে উহার দুই পাশের তাপমাত্রার প্রভেদ কত? [লোহার পরিবাহিতাঙ্ক =1·5]

[An iron wall is 3 cm. thick. If through every sq. metre area of the wall 30000 calories of heat are conducted per minute, find the temperature difference on the opposite faces of the wall. Conductivity of iron=1·5] [উঃ 0·1°C]

5. একটি লৌহ ঘনক (cube) 4 sq. cm. ক্ষেত্রফলযুক্ত। উহার একপাশে ফুটন্ত জল ও অপর পাশে বরফ। 10 minute সময়ে কত বরফ গলিবে? [লোহার পরিবাহিতাঙ্ক =0·2; বরফ গলনের লীন-তাপ =80 cal.]

[An iron cube having an area of 4 sq. cm, has one side in contact with boiling water and the opposite side with ice. Calculate the amount of ice that would melt in 10 minutes. Conductivity of iron=0·2 and latent heat of ice=80 cal.]

[উঃ 300 gms.]

6. একটি কাঠের বাক্সের সাইজ 100 cms × 60 cms × 60 cms. এবং প্রত্যেক পাশ 2 cms পুরু। বাক্সটি বরফপূর্ণ করিয়া 30°C তাপমাত্রায় রক্ষিত জলে ডুবানো হইল। কাঠের পরিবাহিতাঙ্ক 4×10^{-4} হইলে প্রতি সেকেণ্ডে কত বরফ গলিবে?

[A wooden box measures 100 cms. × 60 cms. × 60 cms. and each face is 2 cms. thick The box is filled up with ice and then placed in water at 30°C. How much ice will melt in a second, if the conductivity of wood is 4×10^{-4}?] [উঃ 2·34 gms.]

আলোক বিজ্ঞান

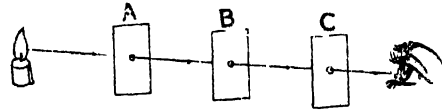
প্রথম পরিচ্ছেদ

আলোকের ঋজুগতি ও ছায়া

প্রশ্ন ১। উপযুক্ত পরীক্ষার দ্বারা বুঝাইয়া দাও যে আলো ঋজু-রেখায় চলাচল করে।

[Demonstrate experimentally that the light travels in straight line.] .

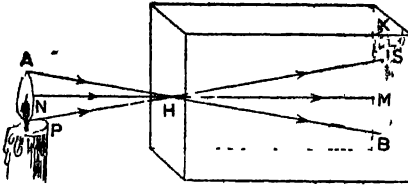
উঃ। নিম্নলিখিত পরীক্ষা দ্বারা আলোর ঋজুগতি প্রমাণ করা যায়:

A, B, C তিনখানি কার্ডবোর্ড। একই উচ্চতায় উহাদের প্রত্যেকের গায়ে একটি করিয়া ক্ষুদ্র ছিদ্র করা আছে (54 নং চিত্র)। কার্ডবোর্ড তিনটিকে এমনভাবে রাখ যাহাতে তিনটি ছিদ্র একই সরল রেখায় অবস্থিত হয়। A কার্ডবোর্ডের ছিদ্রের সামনে একটি মোমবাতি রাখিয়া C কার্ডবোর্ডের ছিদ্র দিয়া মোমবাতির শিখার প্রতি দৃষ্টিপাত কর। আলোকরশ্মি ছিদ্রপথে চোখে পৌঁছাইবে এবং ছিদ্রগুলি উজ্জ্বল দেখাইবে। এইবার যে কোন কার্ডবোর্ডকে একটু স্থানচ্যুত কর। আর মোমবাতির শিখা দেখা যাইবে না। ইহা প্রমাণ করে যে আলো সরল রেখায় চলাচল করে—কারণ বক্রপথে চলিতে পারিলে অনায়াসে স্থানচ্যুত বোর্ডের ছিদ্রপথে আলো চোখে আসিয়া পৌঁছাইতে পারিত।

চিত্র নং 54

প্রশ্ন ২। সূচী ছিদ্র ক্যামেরা বর্ণনা কর। সূচী-ছিদ্রের আকার বড় করিলে কি হয়? ছিদ্র হইতে ঘষা কাচের দূরত্ব দ্বিগুণ করিলে কি হয়?

[Describe a pinhole camera. What is the effect of (*a*) enlarging the hole, (*b*) doubling the distance from the hole to the ground glass? **[H. S. Exam., 1960, '62, '65]**

উঃ। আলোকের ঋজুগতি প্রমাণিত করিবার জন্য সূচী-ছিদ্র ক্যামেরা ব্যবহার করা যাইতে পারে। 55 নং চিত্রে ইহার ছবি দেখানো হইল।

ইহা একটি চতুষ্কোণ কার্ডবোর্ডের বা টিনের বাক্স। ইহার অভ্যন্তর কালো রং করা। বাক্সের সম্মুখে একটি ক্ষুদ্র ছিদ্র H; ইহার বিপরীত দিকে একটি ঘষা কাচ X বসানো। ধর, ক্যামেরার ছিদ্রের সামনে একটি মোমবাতির শিখা রাখা আছে। দেখিবে, ছিদ্রের বিপরীত দিকে—অর্থাৎ ঘষা কাচের উপর মোমবাতির একটি প্রতিকৃতি সৃষ্টি হইয়াছে। লক্ষ্য করিলে দেখিবে যে প্রতিকৃতি উল্টা।

চিত্র নং 55

এই উল্টা প্রতিকৃতি কিরূপে হইতেছে তাহা আলোর ঋজুগতি প্রয়োগ করিয়া সহজে ব্যাখ্যা করা যায়। মোমবাতির A বিন্দু হইতে যে সব আলোকরশ্মি নির্গত হয় তাহাদের ভিতর কেবল AHB রশ্মিটি সরলরেখা পথে ছিদ্রের মধ্য দিয়া পর্দায় B বিন্দুতে পৌঁছায়। সেইরূপ মোমবাতির অপর প্রান্ত P হইতে কেবলমাত্র PHS রশ্মিটি পর্দায় S বিন্দুতে পড়ে। A ও P-র মাঝামাঝি বিন্দুগুলিরও ঐভাবে প্রতিকৃতি সৃষ্টি হইবে। এইভাবে সমগ্র মোমবাতির একটি উল্টা প্রতিকৃতি তৈয়ারী হয়।

যদি ক্যামেরার ছিদ্র বড় করা যায় তবে প্রতিকৃতি অস্পষ্ট হইবে। কারণ বড় ছিদ্র অনেকগুলি ছোট ছোট ছিদ্রের সমষ্টি হওয়ায় প্রত্যেক ছিদ্রই এক একটি প্রতিকৃতি সৃষ্টি করিবে এবং এই প্রতিকৃতিগুলি একে অপরের উপর পড়িয়া আসল প্রতিকৃতিকে অস্পষ্ট করিয়া দিবে।

যদি ছিদ্র হইতে ঘষা-কাচের অর্থাৎ পর্দার দূরত্ব দ্বিগুণ করা যায় তবে প্রতিকৃতির সাইজ দ্বিগুণ হইবে এবং প্রতিকৃতির উজ্জ্বলতা কিছু হ্রাস পাইবে।

প্রশ্ন ৩। জানালায় একটি ক্ষুদ্র ত্রিভুজাকৃতি ছিদ্র দিয়া সমান্তরাল সূর্যরশ্মি ঘরে প্রবেশ করিতেছে। বিপরীত দেওয়ালে আলোকচক্র গোলাকার দেখা যাইবে কেন ব্যাখ্যা কর।

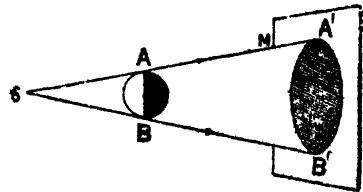
[A horizontal beam of sunlight enters a room through

a small triangular hole in a window. Explain why the patch of light seen on the opposite wall is circular.]
[H. S. Exam , (Comp.) 1964,]

উঃ। এস্থলে দেওয়ালে যে প্রতিকৃতি সৃষ্টি হইবে তাহা সূচী ছিদ্র ক্যামেরার নীতি অনুযায়ী হইবে। প্রশ্নানুযায়ী সূর্য হইল বস্তু এবং ছিদ্রটি ত্রিভুজাকৃতি হইলেও খুব সূক্ষ্ম। সুতরাং প্রতিকৃতি বস্তুর আকার পাইবে—ছিদ্রের আকারের উপর নির্ভর করিবে না। আমরা জানি পত্রবহুল পাতার ফাঁক দিয়া সূর্যরশ্মি মাটিতে পড়িলে গোলাকার আলোকচক্রের সৃষ্টি হয় যদিও পাতার ফাঁকগুলি সব গোলাকার নয়। সূচী-ছিদ্র ক্যামেরার নীতি অনুযায়ী ছিদ্র খুব ছোট হইলে প্রতিকৃতির আকার বস্তুর আকারের অনুরূপ হয়— ছিদ্রের আকারের উপর নির্ভর করে না। সূর্য গোলাকার হওয়ায় ছিদ্র ত্রিভুজাকৃতি হইলেও দেওয়ালে গোলাকার আলোকচক্রই দেখা যাইবে।

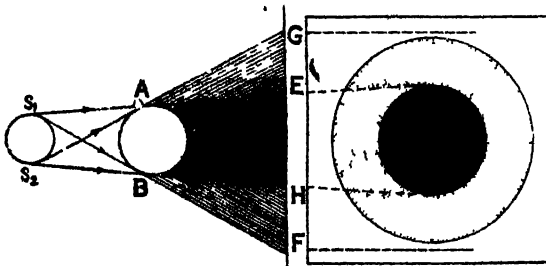
****প্রশ্ন ৪। ছায়ার উৎপত্তি কিরূপে হয়? একটি বিস্তৃত প্রভব হইতে আলোকরশ্মি নির্গত হইয়া একটি বিস্তৃত অস্বচ্ছ বস্তুদ্বারা বাধাপ্রাপ্ত হইলে কিরূপে প্রচ্ছায়া ও উপচ্ছায়ার সৃষ্টি হয় তাহা ছবি আঁকিয়া বুঝাইয়া দাও।**

[How are shadows formed ? Explain with the help of a diagram the formation of umbra and penumbra caused by an opaque ball when light from a luminous sphere falls upon it] [*cf.* **H. S. (Comp.) 1960, '63 ; H. S Exam., 1961**]

উঃ। অস্বচ্ছ বস্তু কর্তৃক আলোর গতিপথ রুদ্ধ হইলে ছায়ার উৎপত্তি হয়। মনে কর, S একটি আলোকবিন্দু, AB একটি অস্বচ্ছ বস্তু এবং M একটি পর্দা (56 নং চিত্র)। SAA' এবং SBB' সরলরেখাদ্বয় টানিলে দেখিবে পর্দার A'B' অংশ অস্বচ্ছ বস্তুর বাধার জন্য আলোকবিন্দু হইতে কোন আলো পাইতেছে না; সুতরাং এই অংশ অন্ধকার

চিত্র নং 56

দেখাইবে। পর্দার অন্যান্য অংশ আলোকবিন্দু হইতে আলো পাইয়া উজ্জ্বল

দেখাইবে। পর্দার এই অন্ধকার অংশ (A'B') অস্বচ্ছ বস্তুর (AB) ছায়া। ছায়ার উৎপত্তি দ্বারা আলোকের ঋজুগতির প্রকৃষ্ট প্রমাণ পাওয়া যায়।

57 নং ছবিতে S_1, S_2 একটি বিস্তৃত উৎস, AB অস্বচ্ছ পদার্থ এবং M একটি পর্দা। বিস্তৃত উৎসকে অনেকগুলি বিন্দু উৎসের সমষ্টি বলিয়া মনে করা যাইতে পারে। S_1 প্রান্ত হইতে একটি আলোর শঙ্কু (cone) AB-কে স্পর্শ করিয়া EF-এ ছায়া ফেলিতেছে। তেমনি S_2 প্রান্ত হইতে একটি

চিত্র নং 57

আলোক শঙ্কু GH-এ ছায়া ফেলিতেছে। দেখা যাইতেছে যে EH অংশটি আলোকপ্রভব হইতে কোন সময়েই আলো পাইবে না, উহা সম্পূর্ণ অন্ধকার থাকিবে। কিন্তু EG বা HF অংশে আলোক-প্রভবের কোন কোন অংশ হইতে আলো আসিবে। কাজেই এই অংশগুলিতে আংশিক অন্ধকার থাকিবে। ছায়ার EH অংশকে বলা হয় প্রচ্ছায়া (Umbra) এবং EG বা HF অংশকে বলা হয় উপচ্ছায়া (Penumbra)। 57 নং চিত্রের ডানদিকে ছায়ার সম্পূর্ণ প্রকৃতি দেখানো হইল। উহার মাঝখানে গাঢ় অন্ধকারাচ্ছন্ন গোলাকার প্রচ্ছায়া এবং উহার চতুর্দিক বেষ্টন করিয়া গোলাকার আংশিক অন্ধকারাচ্ছন্ন উপচ্ছায়া।

প্রচ্ছায়া এবং উপচ্ছায়া লক্ষ্য করিলে বোঝা যায় যে পর্দা দূরে সরাইলে প্রচ্ছায়া এবং উপচ্ছায়া উভয়েই আকারে বৃদ্ধি পাইবে।

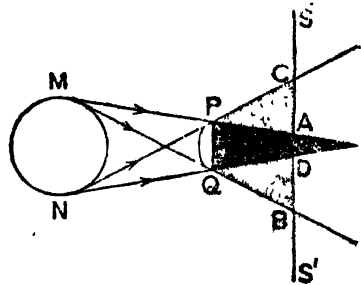
প্রশ্ন ৫। নিম্নলিখিত ক্ষেত্রে অস্বচ্ছ বস্তুর কিরূপ ছায়া সৃষ্টি হয় তাহা চিত্রসহযোগে ব্যাখ্যা কর :—(ক) অস্বচ্ছ বস্তু অপেক্ষা

আলোক-উৎস আকারে ক্ষুদ্র, (খ) অস্বচ্ছ বস্তু অপেক্ষা আলোক-উৎস আকারে বৃহৎ।

ঐ দুই চিত্রের মধ্যে কোন্‌টি সূর্য এবং চন্দ্র-গ্রহণ ব্যাখ্যা করে তাহা কারণসহ নির্দেশ কর।

[Draw diagrams showing how shadows are formed of an opaque object when (a) the source of light is smaller than the object, (b) the source of light is larger than the object. Point out which of your diagrams illustrates eclipses of the sun and the moon.] [**H.S. (Comp.), 1965**]

উঃ। (ক) ৪ নং প্রশ্নের দ্বিতীয়াংশ দ্রষ্টব্য।

(খ) MN একটি বিস্তৃত আলোকপ্রভব এবং PQ একটি অস্বচ্ছ বস্তু। আলোকপ্রভবের আকার PQ অপেক্ষা বৃহত্তর [চিত্র 57(a)]। S একটি পর্দা। বিস্তৃত প্রভবকে ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র বিন্দু প্রভবের সমষ্টি বলিয়া ধরা যাইতে পারে। মনে কর M এবং N ঐরূপ দুইটি প্রান্ত বিন্দু-প্রভব। এখন M বিন্দু প্রভব হইতে নির্গত এবং MP রেখা এবং MQ রেখা কর্তৃক সীমাবদ্ধ আলোকরশ্মিগুলি যে আলোকশঙ্কুর সৃষ্টি করিবে তাহা PQ বস্তু কর্তৃক বাধাপ্রাপ্ত হইবে এবং পর্দায় পৌছাইবে না। ফলে পর্দায় A হইতে B পর্যন্ত ছায়া সৃষ্টি হইবে।

চিত্র নং 57 (a)

তেমন NP এবং NQ রেখা কর্তৃক সীমাবদ্ধ আলোকরশ্মিগুলি যে-আলোকশঙ্কু সৃষ্টি করিবে তাহাও PQ বস্তু কর্তৃক বাধাপ্রাপ্ত হইবে। সুতরাং তাহারা পর্দায় পৌছাইবে না এবং D হইতে C পর্যন্ত ছায়ার সৃষ্টি করিবে।

M এবং N বিন্দুর মধ্যবর্তী অন্যান্য আলোকবিন্দু যে-ছায়াগুলি সৃষ্টি করিবে তাহা C এবং B এর ভিতর অবস্থান করিবে। অর্থাৎ C হইতে B পর্যন্ত PQ বস্তুর সাধারণভাবে ছায়া সৃষ্টি হইবে

লক্ষ্য করিলে দেখা যাইবে যে AD অংশে আলোকপ্রভবের কোন বিন্দু হইতেই আলো পৌছায় না। সুতরাং AD অংশকে প্রচ্ছায়া বলা যাইতে পারে। আর CA অথবা DB অংশে আংশিকভাবে আলো পৌছায়। সুতরাং উহারা উপচ্ছায়া।

আরো লক্ষ্য করিলে দেখা যাইবে যে প্রচ্ছায়া অংশ একটি অভিসারী (converging) এবং উপচ্ছায়া অংশ একটি অপসারী (diverging) শঙ্কু তৈয়ারী করে। অর্থাৎ পর্দা দূরে সরাইয়া লইলে প্রচ্ছায়া অংশ ক্রমশঃ কমিয়া আসিবে কিন্তু উপচ্ছায়া অংশ ক্রমশঃ বৃদ্ধি পাইবে।

শেষাংশ : সূর্যগ্রহণে চন্দ্র অস্বচ্ছ বস্তুর কাজ করে এবং চন্দ্রগ্রহণে পৃথিবী অস্বচ্ছ বস্তুর কাজ করে। উভয় ক্ষেত্রেই সূর্য আলোকের উৎস এবং অস্বচ্ছ বস্তু (অর্থাৎ চন্দ্র অথবা পৃথিবী) অপেক্ষা বৃহত্তর। সুতরাং দ্বিতীয় চিত্রই সূর্যগ্রহণ বা চন্দ্রগ্রহণ বুঝাইয়া দেয়।

প্রশ্ন ৬। প্রচ্ছায়া এবং উপচ্ছায়ার ভিতর পার্থক্য কি ? পাখি যখন নীচু দিয়া উড়ে তখন উহার ছায়া মাটিতে পড়ে কিন্তু উপরে উঠিলে আর ছায়া দেখা যায় না কেন ?

[What is the difference between Umbra and Penumbra ? When a bird flies at a very low altitude, its shadow on the earth is distinguishable. But as the bird moves higher up, the shadow becomes indistinguishable. Why ?]

[H. S. Exam., 1964]

উঃ। যখন কোন বিস্তৃত অস্বচ্ছ বস্তুকে আলোক-উৎসের সম্মুখে ধরা হয় তখন বস্তুর পশ্চাতে একটি ছায়া গঠিত হয়। ঐ ছায়া লক্ষ্য করিলে দেখা যায় যে উহার কিয়দংশ সম্পূর্ণ অন্ধকার এবং ঐখানে উৎসের কোন অংশ হইতেই আলো পৌছায় না। ছায়ার অন্য অংশ তত অন্ধকার নয়—কারণ অন্য অংশে উৎসের কোন না কোন স্থান হইতে কিছু কিছু আলো পৌছাইবে। সম্পূর্ণ অন্ধকারাবৃত অংশকে বলা হয় প্রচ্ছায়া এবং আংশিক অন্ধকারাবৃত অংশকে বলা হয় উপচ্ছায়া।

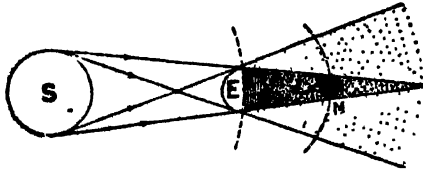
দ্বিতীয় অংশ : পাখির দেহ অস্বচ্ছ বলিয়া উহা অস্বচ্ছ বস্তুর কাজ করে এবং সূর্যরশ্মি পাখির দেহের উপর দিয়া মাটিতে পৌঁছাইলে মাটিতে পাখির একটি ছায়া পড়ে। এখন বিস্তৃত অস্বচ্ছ বস্তুর আকার উৎস অপেক্ষা ক্ষুদ্রতর হইলে, উহার যে ছায়া হয় তাহার প্রচ্ছায়া অংশ অভিসারী শঙ্কু আকৃতির এবং উপচ্ছায়া অংশ অপসারী। ফলে যখন পর্দা বস্তুর নিকটে থাকে—অর্থাৎ পাখি যখন নীচু দিয়া উড়ে তখন উহার ছায়া স্পষ্ট দেখা যায়। কিন্তু যত বস্তু এবং পর্দার দূরত্ব বাড়িতে থাকে—অর্থাৎ যত পাখি উপরে উঠিয়া যায় তত প্রচ্ছায়া অংশ কমিয়া যায় এবং অবশেষে উপচ্ছায়ার সহিত মিশিয়া যায় এবং ছায়া আর দেখা যায় না।

****প্রশ্ন ৭। সূর্য ও চন্দ্রগ্রহণের উৎপত্তি সাধারণভাবে বর্ণনা কর। সব অমাবস্যা এবং পূর্ণিমায় গ্রহণ হয় না কেন ?**

[Give a general explanation of the eclipses of the sun and the moon. Why eclipses are not found to occur at every full moon and new moon ?]

উঃ। সূর্য স্বপ্রভ (luminous) বস্তু কিন্তু চাঁদ বা পৃথিবী অপ্রভ (non-luminous)। চাঁদের আলো আর কিছুই নয়—সূর্যের আলো চাঁদের উপর পড়িয়া প্রতিফলিত আলো। সুতরাং চাঁদের যে অংশে সূর্যালোক পড়ে শুধু সেই অংশই দৃষ্টিগোচর হয়। অমাবস্যায় সূর্য ও পৃথিবীর মাঝখানে চাঁদ অবস্থিত হয় ; কাজেই চাঁদের আলোকিত অংশ পৃথিবীর বিপরীত দিকে থাকে। আর, পূর্ণিমায় সূর্য ও চাঁদের মাঝখানে পৃথিবী অবস্থিত হয় ; কাজেই চাঁদের পূর্ণ আলোকিত অংশ পৃথিবীর দিকে থাকে। তাছাড়া, সূর্য চাঁদ বা পৃথিবী অপেক্ষা বড়। কাজেই সূর্যের আলো চাঁদ বা পৃথিবী কর্তৃক বাধাপ্রাপ্ত হইয়া ছায়ার সৃষ্টি করিবে এবং এই ছায়ার কিছু অংশ প্রচ্ছায়া এবং কিছু অংশ উপচ্ছায়া হইবে।

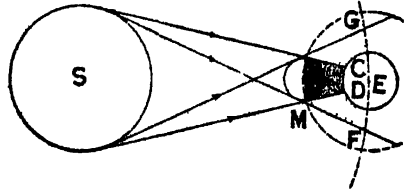
চন্দ্রগ্রহণ : পূর্ণিমায় যখন চাঁদ ও সূর্যের মাঝে পৃথিবী অবস্থিত হয় তখন চাঁদ পৃথিবীর ছায়ার মধ্যে প্রবেশ করে (58 নং ছবি) এবং চাঁদের যে

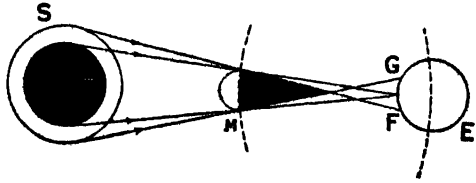
অংশ প্রচ্ছায়া কর্তৃক আবৃত হয় তাহা সম্পূর্ণ অদৃশ্য হইয়া যায় কারণ সেই অংশে সূর্য হইতে কোন আলো পৌছায় না। যদি পৃথিবী, চাঁদ এবং সূর্য সকলে এক রেখায় থাকে তবে চাঁদের সব অংশ প্রচ্ছায়া কর্তৃক ঢাকা পড়িবে এবং

চিত্র নং 58

তখন চাঁদের পূর্ণগ্রহণ হইবে। যদি উহারা ঠিক এক রেখায় না থাকিয়া একটু সরিয়া যায় তবে চাঁদের কিছু অংশ প্রচ্ছায়া এবং বাকী অংশ উপচ্ছায়া কর্তৃক আবৃত হয়। সেক্ষেত্রে চাঁদের খণ্ডগ্রহণ বা খণ্ডগ্রাস (partial eclipse) হয়।

সূর্যগ্রহণ : অমাবস্যায় যখন সূর্য ও পৃথিবীর মাঝখানে চাঁদ অবস্থিত হয় তখন পৃথিবীর কিছু অংশ চাঁদের ছায়ার দ্বারা আবৃত হয় (59 নং চিত্র)। পৃথিবী চাঁদ অপেক্ষা আকারে অনেক বড় হওয়ায় চাঁদের ছায়ার প্রচ্ছায়া পৃথিবীকে সম্পূর্ণ আবৃত করিতে পারে না। যে অংশ আবৃত করে (CD অংশ) সেখান হইতে সূর্য সম্পূর্ণ দৃষ্টির বাহিরে চলিয়া যায় এবং সূর্যের পূর্ণগ্রহণ হয়। আর পৃথিবীর যে অংশে

চিত্র নং 59

চাঁদের ছায়ার উপচ্ছায়া পড়ে (CG বা DF অংশ) তথা হইতে সূর্যের কিয়দংশ দৃষ্টিগোচর হয় বলিয়া সেখানকার লোকের কাছে সূর্যের খণ্ডগ্রাস বা খণ্ডগ্রহণ হয়।

তাছাড়া পৃথিবী চাঁদ অপেক্ষা আকারে বৃহৎ বলিয়া এবং সময়ভেদে উহাদের দূরত্বের তারতম্য হওয়ায় অনেক সময় এমন হয় যে চাঁদের প্রচ্ছায়া পৃথিবীকে স্পর্শ করিবার পূর্বেই শেষ হইয়া যায়। তৎপরিবর্তে উহাকে বাড়াইয়া যে বিপরীত অপসারী (diverging) শঙ্কু হয় তাহা পৃথিবীকে স্পর্শ করে।

60 নং চিত্রে পৃথিবীর GF অংশে ঐ শঙ্কু স্পর্শ করিয়াছে। সুতরাং পৃথিবীর ঐ স্থান হইতে সূর্যের দিকে তাকাইলে সূর্যেব মাঝখানে একটি অন্ধকারাবৃত বৃত্তাকার অংশ ও উহার চতুর্দিকে আলোকিত অংশ দেখিতে পাওয়া যাইবে। ইহাকে বলয় গ্রাস বা গ্রহণ (annular eclipse) বলে।

চিত্র নং 60

গ্রহণ হইতে গেলে প্রথমতঃ সূর্য, চন্দ্র ও পৃথিবীকে এক সরল রেখায় থাকিতে হইবে, দ্বিতীয়তঃ চন্দ্র বা পৃথিবীর ছায়া পৃথিবী ও চন্দ্র পর্যন্ত বিস্তৃত হওয়া প্রয়োজন। কিন্তু পৃথিবীর পরিভ্রমণের কক্ষতল (plane of orbit) ও চন্দ্রের পরিভ্রমণের কক্ষতল এক না হওয়ায়—ইহাদের ভিতর 5° ডিগ্রী মত কৌণিক ব্যবধান আছে—সব অমাবস্যা বা সব পূর্ণিমায় তিনটি বস্তু এক সরল রেখায় থাকে না। তাছাড়া পৃথিবী বা চন্দ্রের কক্ষপথ ঠিক বৃত্ত নয়—উপবৃত্ত (ellipse)। এইজন্য পৃথিবী চন্দ্র ও সূর্যের পারস্পরিক দূরত্ব সর্বদা এক থাকে না। এই সকল কারণে প্রতি অমাবস্যা বা পূর্ণিমায় গ্রহণ দেখা যায় না।

প্রশ্ন ৮। সূর্য এবং চন্দ্রগ্রহণ বুঝাইবার জন্য দুইটি ছবি আঁক (ব্যাখ্যার কোন প্রয়োজন নাই)।

সূর্যগ্রহণের যে ছবি আঁকিলে সেই সম্পর্কে নিম্নলিখিত প্রশ্নগুলির উত্তর দাও:—(ক) পৃথিবীর আলোকিত গোলার্ধের সকল স্থান হইতেই সূর্যগ্রহণ দেখা যায় না কেন?

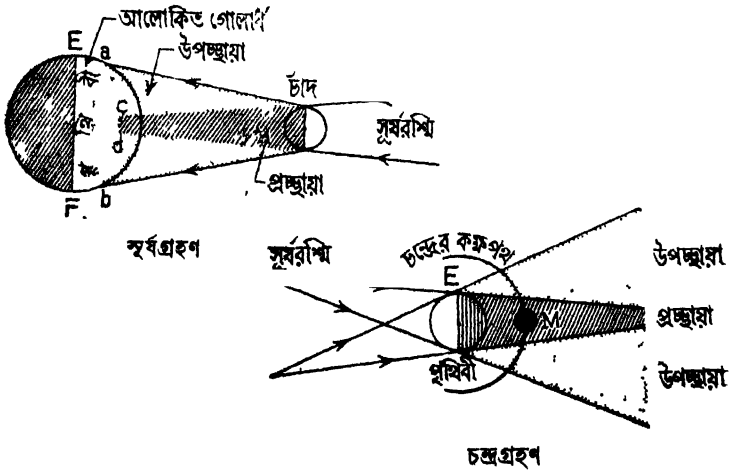
(খ) কোন কোন স্থানে সূর্যের পূর্ণগ্রহণ হয় আবার কোন কোন স্থানে খণ্ডগ্রহণ হয় কেন? প্রত্যেক অমাবস্যা এবং পূর্ণিমাতে গ্রহণ হয় না কেন?

[Draw two neat diagrams to illustrate the eclipses of the sun and the moon (Only diagrams and no explanations are necessary.)

In reference to the solar eclipse that you draw, explain why (i) a solar eclipse in not visible at all places over the illuminated hemisphere of the earth, (ii) a solar eclipse may be *total* at a place but *partial* at another.

Why do not eclipses take place at every full moon and new moon ?] **[H. S. Exam., 1963]**

উঃ। প্রথমাংশ : ৭ং প্রশ্ন দেখ।

দ্বিতীয়াংশ : (i) চাঁদ পৃথিবী অপেক্ষা অনেক ছোট বলিয়া চাঁদের ছায়ার দৈর্ঘ্যও ছোট এবং উহা পৃথিবীর সমস্ত আলোকিত গোলার্ধকে আবৃত করিতে পারে না। ফলে আলোকিত গোলার্ধের সকল স্থান হইতেই সূর্যগ্রহণ

চিত্র নং 60 (*a*)

দেখিতে পাওয়া যায় না। 60 (a) নং সূর্যগ্রহণের চিত্র লক্ষ্য কর। ঐ চিত্রে ab অংশ চাঁদের ছায়ার উপচ্ছায়া। উহা পৃথিবীর আলোকিত গোলার্ধের কিছু অংশ আবৃত করিয়াছে। কাজেই ঐ গোলার্ধের বাকী অংশ হইতে সূর্যগ্রহণ দেখা যাইবে না।

শেষাংশ : ৭নং প্রশ্ন দেখ।

অঙ্ক

1. একটি সূচী-ছিদ্র ক্যামেরার ছিদ্র হইতে 15 cm. দূরে একটি মোমবাতি আছে। বাতিটি 2 cm. দীর্ঘ। ক্যামেরার পর্দাটি ছিদ্র হইতে 25 cm. দূরে স্থাপিত হইলে প্রতিকৃতির সাইজ কত হইবে?

[A candle flame 2 cms. high is at a distance of 15 cm. from the pin-hole of a pin-hole camera. Find the size of the image when the screen of the camera is placed 25 cms. from the hole.]

উঃ। বস্তু এবং প্রতিকৃতির সাইজের সহিত সূচী-ছিদ্র হইতে উহাদের দূরত্বের নিম্নলিখিত সম্পর্ক আছে :

$$\frac{\text{বস্তুর সাইজ}}{\text{প্রতিকৃতির সাইজ}} = \frac{\text{ছিদ্র হইতে বস্তুর দূরত্ব}}{\text{" " প্রতিকৃতির দূরত্ব}}$$

সুতরাং উপরোক্ত প্রশ্ন হইতে লেখা যায়,

$$\frac{2}{\text{প্রতিকৃতির সাইজ}} = \frac{15}{25}$$

$$\therefore \quad \text{প্রতিকৃতির সাইজ} = \frac{2 \times 25}{15} = \frac{10}{3} = 3{\cdot}33 \text{ cm.}$$

2. 8 inches ব্যাসের গোলাকার একটি আলোক উৎস হইতে 5 ft. দূরে 4 inches ব্যাসের একটি গোল অস্বচ্ছ বস্তু রাখা আছে। বস্তু হইতে নিকটতম কত দূরে একখানি পর্দা রাখিলে পর্দায় প্রচ্ছায়া-বিহীন ছায়া হইবে?

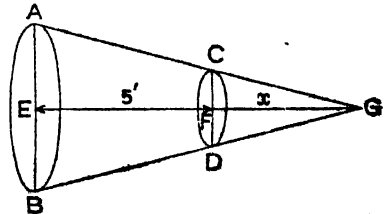
[A circular uniform source of light, 8 inches in diameter, is placed at a distance of 5 ft. from a spherical obstacle 4 inches in diameter. Find the shortest distance from the latter at which a screen may be placed so as to have no umbra in the shadow cast upon it]

উঃ। এক্ষেত্রে AB আলোক উৎসের ব্যাস; CD অস্বচ্ছ বস্তুর ব্যাস এবং FG দৈর্ঘ্য, ধর x ft.

আমরা লিখিতে পারি,

$$\frac{AB}{CD} = \frac{EG}{FG}$$

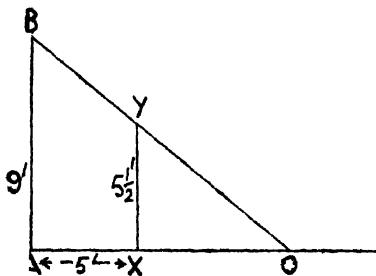
or, $\frac{8}{4} = \frac{5+x}{x}$

or, $2 = \frac{5}{x} + 1 \quad \therefore \quad x = 5$ ft.

চিত্র নং 60 (*b*)

অর্থাৎ বস্তু হইতে 5 ft. দূরে পর্দা রাখিতে হইবে।

3. $5\frac{1}{2}$ ft. উচ্চতার জনৈক ব্যক্তি রাস্তার আলোকদণ্ড হইতে 5 ft. দূরে দাঁড়াইয়া আছে। আলোটি রাস্তা হইতে 9 ft. উঁচু। ব্যক্তিটির ছায়ার দৈর্ঘ্য নির্ণয় কর।

[A man. $5\frac{1}{2}$ feet high, is standing at a distance of 5 feet from a street lamp, the flame of which is 9 feet above the horizontal roadway. Find the length of the man's shadow.] **[H. S. Exam., 1960]**

উঃ। চিত্র নং 60 (c) দেখ।

চিত্র নং 60 (c)

AB = আলোকদণ্ডের দৈর্ঘ্য = 9'

XY = মানুষের দৈর্ঘ্য = $5\frac{1}{2}$'

AX = আলোকদণ্ড হইতে মানুষের দূরত্ব = 5'

XO = ছায়ার দৈর্ঘ্য।

এখন, Δ^s ABO এবং XYO সদৃশ। কাজেই,

$$\frac{AB}{XY}=\frac{AO}{XO}=\frac{AX+XO}{XO}=\frac{AX}{XO}+1$$

$$\text{or,}\quad \frac{9}{5\frac{1}{2}}=\frac{5}{XO}+1 \quad \text{or,}\quad \frac{18}{11}-1=\frac{5}{XO}$$

$$\text{or,}\quad \frac{7}{11}=\frac{5}{XO} \quad \therefore\quad XO=\frac{55}{7}=7\cdot8 \text{ ft. (প্রায়)}$$

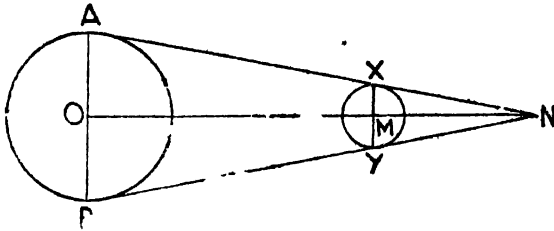
4. সূর্যের ব্যাস পৃথিবীর ব্যাসের 109 গুণ এবং পৃথিবী হইতে সূর্যের দূরত্ব 93,000,000 মাইল হইলে সূর্যরশ্মি পৃথিবীর যে ছায়া সৃষ্টি করিবে তাহার দৈর্ঘ্য নির্ণয় কর।

[If the diameter of the sun is 109 times that of the earth and the distance of the sun from the earth 93,000,000 miles, find the length of the shadow of the earth cast by the rays from the sun.]

উঃ। চিত্র নং 60 (d) দেখ।

AB = সূর্যের ব্যাস ; XY = পৃথিবীর ব্যাস

OM = সূর্য হইতে পৃথিবীর দূরত্ব − 93,000,000 miles.

MN = পৃথিবীর ছায়ার দৈর্ঘ্য (ধর, x)

চিত্র নং 60 (d)

এখন, সরল জ্যামিতির সাহায্যে লেখা যাইতে পারে,

$$\frac{AB}{XY} = \frac{ON}{MN}$$

অর্থাৎ, $\dfrac{\text{সূর্যের ব্যাস}}{\text{পৃথিবীর ,,}} = \dfrac{\text{ছায়ার শীর্ষবিন্দু হইতে সূর্যের দূরত্ব}}{\text{,, ,, ,, পৃথিবীর ,,}}$

$\dfrac{109}{1} = \dfrac{93.000,000 + x}{x}$ or, $x = 861,111$ মাইল (প্রায়)

অনুশীলনী

1. একটি সূচী-ছিদ্র ক্যামেরার ছিদ্র হইতে পর্দার দূরত্ব 8 inches এবং পর্দার দৈর্ঘ্য 6 inches। 200 ft. উঁচু একটি গাছের পূর্ণ প্রতিকৃতি পর্দায় গঠন করিতে হইলে গাছ হইতে ক্যামেরা কত দূরে রাখিতে হইবে ?

[The distance of the pin-hole to the plate, in a pin-hole camera, is 8 inches. How far from a tree 200 ft. high must the camera be placed to get the whole image of the tree on the plate if it is 6 inches high ?] [উঃ 266⅔ ft.]

2. 6 ft. লম্বা জনৈক পথচারী রাস্তার আলো হইতে 15 ft. দূরে দাঁড়াইয়া আছে। আলোটি রাস্তা হইতে 12 ft. উঁচু। রাস্তায় ব্যক্তির ছায়ার দৈর্ঘ্য নির্ণয় কর ?

[A man, 6 ft. high, is standing 15 ft. away from a street lamp which is 12 ft. high from the horizontal roadway. Find the length of the man's shadow cast by the light.] [উ: 15 ft]

3. একটি চাকতির ব্যাস 1 inch। চাকতিকে চোখ হইতে কত দূরে রাখিলে উহা ঠিক সূর্যকে আবৃত করিবে? সূর্যের ব্যাস 860,000 মাইল এবং পৃথিবী হইতে সূর্যের দূরত্ব 93,000,000 মাইল।

[The diameter of a disc is 1 inch. How far from the eye of a man must the disc be placed so that it may just cover the sun? The diameter of the sun is 860,000 miles and the distance between the earth and the sun is 93,000,000 miles.]

[উ: 10·43 ft]

[সংকেত: চিত্র নং 60 (d) দেখ। XY-কে মনে কর চাকতির ব্যাস এবং N মানুষের চক্ষু। অতঃপর ঐ অঙ্কের মত করিতে হইবে।]

4. একটি পয়সা হইতে 9 ft. দূরে কোন বিন্দুতে সূর্য এবং পয়সাটি একই কোণ উৎপন্ন করে। পয়সা হইতে 5 ft. দূরে আলোকরশ্মির সহিত লম্বভাবে একখানি কাগজ রাখিলে ঐ কাগজের উপর পয়সার যে ছায়া পড়িবে তাহার ব্যাস নির্ণয় কর। সূর্যের ব্যাস=8,60,000 মাইল এবং সূর্য হইতে পৃথিবীর দূরত্ব=93,000,000 মাইল।

[The sun subtends the same angle as a pice subtends at a distance of 9 ft. Calculate the diameter of the shadow of the pice cast by the sun on a paper perpendicular to the ray at a distance of 5 ft. from the pice. The diameter of the sun= 8,60,000 miles and the distance between the sun and the earth =93,000,000 miles.] [উ: 0·44 inch]

5. সূর্যের ব্যাস 9×10^5 miles, পৃথিবী হইতে সূর্যের দূরত্ব 9×10^7 miles এবং চন্দ্রের ব্যাস 2100 miles. পৃথিবীর উপরিস্থ কোন বিন্দু হইতে পূর্ণ সূর্যগ্রহণ দেখা গেলে পৃথিবী হইতে চন্দ্রের তখনকার দূরত্ব নির্ণয় কর। হিসাবের সুবিধার জন্য ঐ বিন্দু ও পৃথিবীর কেন্দ্র এক ধরিয়া লইতে পার।

[The diameter of the sun being taken as 9×10^5 miles and its distance from the earth 9×10^7 miles and the diameter of the moon 2100 miles, find the distance of the earth from the moon

at the time of a solar eclipse when the eclipse is total only at a single point on the earth. For convenience of calculation, the point in question and the centre of the earth may be assumed coincident.] [উঃ 21×10^4 miles]

[সংকেত: চিত্র 60 (d) দেখ। ঐ চিত্রে AB সূর্যের ব্যাস, XY চন্দ্রের ব্যাস ও N-বিন্দু পৃথিবীর যে-বিন্দুতে গ্রহণ দেখা গেল তাহা ধরা যাইতে পারে। সুবিধার জন্য N-বিন্দুকে পৃথিবীর কেন্দ্র ধরিতে হইবে। অতএব $AB = 9 \times 10^5$ miles, $XY = 2100$ miles; $ON = 93,000,000$ miles এবং $MN = x$ (ধর)। এখন, ঐ অঙ্কের মত করিয়া গেলে সহজেই x নির্ণয় করা যাইবে।]

6. একটি সূচী-ছিদ্র ক্যামেরাতে ছিদ্র হইতে পর্দার দূরত্ব 6 inches। কোন মানুষের দৈর্ঘ্যের অর্ধেক দৈর্ঘ্যসম্পন্ন প্রতিকৃতি পর্দায় গঠন করিতে হইলে মানুষটি ক্যামেরা হইতে কত দূরে দাঁড়াইবে?

[In a pin-hole camera, the screen is at a distance of 6 inches from the hole. How far must a man stand from the camera so that an image half the size of the man may be formed on the screen ?] [উঃ 1 ft]

7. 8 inches ব্যাসযুক্ত একটি ধাতব বল হইতে 2 ft. দূরে একটি গোলাকার আলোক-উৎস রাখা আছে। আলোক-উৎসের ব্যাস 6 inches; ধাতব বলের 1 ft. পশ্চাতে একটি পর্দা রাখিলে ঐ পর্দায় যে প্রচ্ছায়া ও উপচ্ছায়া সৃষ্টি হইবে তাহাদের ব্যাস নির্ণয় কর।

[Calculate the lengths of the diameters of the umbra and penumbra of the shadow of a metal ball 8 inches in diameter, placed 2 ft. from a source of light which is 6 inches in diameter the screen being 1 ft. from the ball.] [উঃ 9 inches ; 15 inches]

দ্বিতীয় পরিচ্ছেদ

সমতলে আলোকের প্রতিফলন

**প্রশ্ন ১। প্রতিফলনের সূত্র বল এবং পরীক্ষাগারে উহাদের সত্যতা নিরূপণের পদ্ধতি বর্ণনা কর।

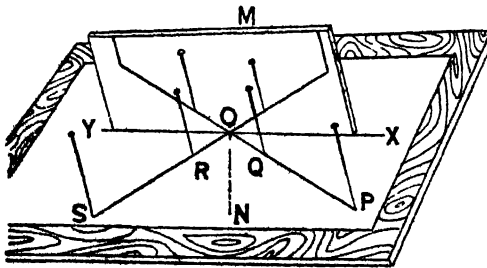
[State the laws of reflection and describe how they may be verified in the laboratory.] [cf H. S. **Exam., 1961, '62**]

উঃ। প্রতিফলনের সূত্র :

(1) আপতন কোণ ও প্রতিফলন কোণ সর্বদা সমান।

(2) আপতিত রশ্মি, প্রতিফলিত রশ্মি এবং আপতন বিন্দুতে প্রতিফলকের উপর অঙ্কিত অভিলম্ব একই সমতলে থাকে।

সত্যতা নিরূপণ :

একখানি সমতল কাঠের বোর্ডের উপর একটি সাদা কাগজ পিন দিয়া আটকাও (61 নং চিত্র)। সরু পেনসিলের দ্বারা কাগজের উপর একটি রেখা XY টান এবং একটি সমতল দর্পণ M-কে ঐ রেখার সহিত মিলাইয়া লম্বভাবে স্থাপন কর। (এখন দুইটি পিন Q, P কাগজের উপর লম্বভাবে আটকাইয়া দর্পণে উহাদের প্রতিবিম্ব লক্ষ্য কর। চোখ এমনভাবে রাখ যেন প্রতিবিম্ব দুইটি একই সরল রেখার উপর অবস্থিত হয়। এখন আরো দুইটি পিন, R, S ঐ রেখা বরাবর সাবধানে কাগজের উপর আটকাও। ঠিক মত আটকাইতে পারিলে

চিত্র নং 61

দেখিবে যে S পিন কর্তৃক R পিন ও প্রতিবিম্ব দুইটি সম্পূর্ণ ঢাকা পড়িয়া গিয়াছে।) এখন পিনগুলির অবস্থান পেনসিল দিয়া চিহ্নিত করিয়া দর্পণসহ উহাদের সরাইয়া ফেল। P, Q এবং S, R যোগ করিয়া উহাদের XY রেখা

পর্যন্ত বর্ধিত কর। ঠিক মত কাজ হইলে, উহারা XY রেখার একটি বিন্দুতে (O বিন্দু) মিলিবে। O বিন্দুতে XY রেখার উপর ON অভিলম্ব টান। ∠PON ও ∠SON মাপিয়া দেখ, উহারা এক হইবে। এই পরীক্ষায় PO আপতিত রশ্মি, ∠PON আপতন কোণ এবং OS প্রতিফলিত রশ্মি, ∠SON প্রতিফলিত কোণ। সুতরাং কোণদ্বয় সমান হওয়ায় প্রথম সূত্র প্রমাণিত হইল। তাছাড়া PO, SO এবং ON কাগজের তলে থাকায় দ্বিতীয় সূত্রও প্রমাণিত হয়।

****প্রশ্ন ২। বস্তুর প্রতিবিম্ব বলিতে কি বোঝ? সদ্ ও অসদ্ বিম্বের পার্থক্য কি? সমতল দর্পণ কিরূপে প্রতিবিম্ব সৃষ্টি করে তাহা ছবি আঁকিয়া বুঝাইয়া দাও।**

[What is meant by the image of an object ? Distinguish between real and virtual image. Draw a diagram showing how an image is formed in a plane mirror.]

[*cf.* **H. S. (Comp.), 1960**]

উঃ। প্রতিবিম্ব :

কোন বস্তু যখন আমরা সোজাসুজি দেখি তখন উহার প্রত্যেক বিন্দু হইতে আলোকরশ্মি আমাদের চক্ষুতে সোজা আসিয়া পৌছায়। যদি প্রতিফলন বা প্রতিসরণ প্রভৃতি কোন কারণে রশ্মি বাঁকিয়া চক্ষুতে প্রবেশ করে তাহা হইলে বস্তুটি নিজস্ব স্থানে না থাকিয়া অন্যত্র আছে বলিয়া মনে হয়। চক্ষুতে যে রশ্মিগুলি প্রবেশ করে তাহা পিছনে বর্ধিত করিলে রেখাগুলি যে বিন্দুতে মিলিত হয় সেইখানে বস্তুটি আছে বলিয়া মনে হয়। আসলে বস্তুটির কোন স্থান পরিবর্তন হয় না। নূতন অবস্থানে আমরা যাহা দেখি তাহা বস্তুতঃ প্রতিবিম্ব। সুতরাং কোন বস্তুবিন্দু হইতে অপসারী আলোকরশ্মি যখন প্রতিফলিত বা প্রতিসৃত হইয়া অন্য কোন বিন্দুতে মিলিত হয় বা অন্য কোন বিন্দু হইতে অপসৃত হইতেছে বলিয়া মনে হয়, তখন ঐ দ্বিতীয় বিন্দুকে বস্তুবিন্দুর প্রতিবিম্ব বলা হয়।

প্রথমোক্ত ক্ষেত্রে অর্থাৎ প্রতিফলন বা প্রতিসরণের ফলে যদি রশ্মিগুলি কোন বিন্দুতে মিলিত হয় তবে ঐ প্রতিবিম্বকে সদ্-বিম্ব (real image)

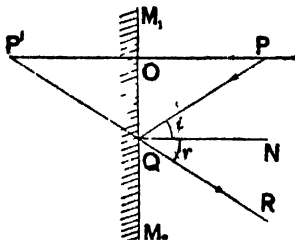
বলে। আর যদি প্রতিফলন বা প্রতিসরণের ফলে রশ্মিগুলি অন্য এক বিন্দু হইতে অপসৃত হইতেছে বলিয়া মনে হয় তবে ঐ প্রতিবিম্বকে অসদ্-বিম্ব (virtual image) বলা হয়।

দুই বিম্বের পার্থক্য :

(1) কোন বিন্দু হইতে নির্গত রশ্মিগুচ্ছ প্রতিফলিত বা প্রতিসৃত হইয়া যদি এক বিন্দুতে মিলিত হয় তবেই সদ্-বিম্ব সৃষ্টি হয়; কিন্তু যদি তাহারা এক বিন্দুতে মিলিত না হইয়া কোন এক বিন্দু হইতে অপসৃত হইতেছে বলিয়া মনে হয়, তবে অসদ্ বিম্বের সৃষ্টি হয়।

(2) সদ্ বিম্ব চোখে দেখা যায় এবং পর্দাতেও ফেলা যায়। কিন্তু অসদ্-বিম্ব শুধু চোখে দেখা যায়, পর্দাতে ফেলা যায় না।

সমতল দর্পণে প্রতিবিম্ব :

M_1M_2 একটি সমতল দর্পণ এবং P ইহার সম্মুখে অবস্থিত একটি বস্তুবিন্দু (62 নং চিত্র)। P হইতে PQ রশ্মিটি লম্বভাবে দর্পণের উপর পড়িতেছে। ইহা OP পথে অভিলম্বভাবে প্রত্যাবর্তন করিবে। আর একটি রশ্মি PQ তির্যক-ভাবে দর্পণের উপর পড়িতেছে এবং QR অভিমুখে প্রতিফলিত হইতেছে। প্রতিফলনের নিয়মানুযায়ী আপতন কোণ ∠PQN ও প্রতিফলন কোণ ∠NQR সমান হইবে। লক্ষ্য কর, OP ও QR প্রতিফলিত রশ্মিদ্বয় যেন দর্পণের পশ্চাতে P' বিন্দু হইতে নির্গত হইতেছে। এই P' বিন্দুই P বিন্দুর প্রতিবিম্ব। এই প্রতিবিম্ব অসদ্। এখন সহজ জ্যামিতির সাহায্যে প্রমাণ করা যায় দর্পণ হইতে P ও P'-এর দূরত্ব সমান। কারণ,

চিত্র নং 62

QN ও OP সমান্তরাল হওয়ায় ∠PQN=∠OPQ

এবং ∠NQR=∠OP'Q

∴ ∠OPQ=∠OP'Q

এইবার Δ° QOP, QOP' লও। ইহাতে $\angle OPQ = \angle OP'Q$

$\angle QOP = \angle QOP'$

এবং QO বাহু সাধারণ।

$\therefore$ ত্রিভুজদ্বয় সর্বসম। সুতরাং $OP = OP'$

অর্থাৎ, P বস্তু দর্পণের যতটা সম্মুখে P প্রতিবিম্ব দর্পণ হইতে ততটা পিছনে এবং PP' সরলরেখা দর্পণকে লম্বভাবে ছেদ করে।

প্রশ্ন ৩। আলোকরশ্মির প্রতিফলনের নিয়ম বল।

কোন স্বপ্রভ বস্তুবিন্দু হইতে আলোকরশ্মি নির্গত হইয়া সমতল দর্পণ কর্তৃক প্রতিফলিত হইলে কোন একটি বিন্দু হইতে রশ্মিগুলি অপসৃত হয় বলিয়া মনে হয়, ইহা দেখাও।

ঐ বিন্দুকে কি বলে? উহার অবস্থান কিরূপ? উহার প্রকৃতি কি? প্রমাণ কর যে, কোন সমতল দর্পণ যে-কোণে আবর্তন করে উহা দ্বারা প্রতিফলিত রশ্মি দ্বিগুণ কোণে আবর্তন করে।

[State the laws of reflection of light.

Show that the rays from a luminous point falling upon a plane mirror proceed, after reflection, as though they diverge from a single point.

What is that point called? What is its position? And nature? When a plane mirror is rotated through an angle, show that a ray reflected therefrom is turned through an angle twice as much.] **[H. S. Exam. 1960]**

উঃ। প্রতিফলনের সূত্র :—১নং প্রশ্ন দ্রষ্টব্য।

দ্বিতীয় ও তৃতীয় অংশ :—২নং প্রশ্ন দ্রষ্টব্য।

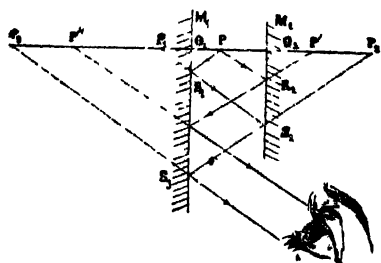
শেষ অংশ :—৫নং প্রশ্ন দ্রষ্টব্য।

****প্রশ্ন ৪। দুইটি সমতল দর্পণ (*a*) পরস্পর সমান্তরাল রাখিলে এবং (*b*) সমকোণে রাখিলে বস্তুর কিরূপ প্রতিবিম্ব হইবে তাহা ছবি আঁকিয়া বুঝাইয়া দাও।**

[Explain with the help of diagrams the formation of

multiple images by two plane mirrors (*a*) when they are parallel, (*b*) when they are at right angles.]

উঃ। (*a*) দর্পণদ্বয় সমান্তরাল :

P একটি বিন্দুপ্রভব M_1 ও M_2 এই দুইটি সমান্তরাল দর্পণের মাঝখানে অবস্থিত (63 নং চিত্র)। P হইতে উভয় দর্পণের উপর যথাক্রমে PO_1 ও PO_2 লম্ব অঙ্কিত করিয়া উভয় দিকে বর্ধিত করা হইল। সমতল দর্পণ কর্তৃক সৃষ্ট প্রতিবিম্ব লম্বের উপর অবস্থিত হয় বলিয়া সকল প্রতিবিম্বই এই লম্বরেখার উপর থাকিবে।

চিত্র নং 63

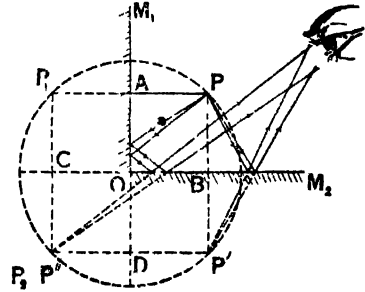
প্রথমে M_1 দর্পণে প্রতিফলন আলোচনা করা যাউক। ইহাতে P-এর প্রতিবিম্ব P_1 বিন্দুতে অবস্থিত হইবে এবং $PO_1 = P_1O_1$ হইবে। P_1 বিন্দু M_2-তে প্রতিফলিত হইয়া P_2 বিন্দুতে প্রতিবিম্ব গঠন করিবে এবং P_1O_2 হইবে P_2O_2-র সমান। P_2 আবার M_1 দর্পণে প্রতিফলিত হইয়া P_3 বিন্দুতে প্রতিবিম্ব গঠন করিবে এবং $P_2O_1 = P_3O_1$ হইবে। আবার M_2 দর্পণে প্রতিফলিত হইবে। এইরূপে পালাক্রমে উভয় দর্পণে প্রতিফলন হইয়া অসংখ্য প্রতিবিম্ব তৈয়ারী হইবে।

M_2 দর্পণে প্রতিফলনের কথা বিবেচনা করিলে অনুরূপ প্রতিবিম্বেরসৃষ্টি হইবে। ইহার প্রথম প্রতিবিম্ব P' বিন্দুতে অবস্থিত এবং $PO_2 = O_2P'$ এই প্রতিবিম্ব পর্যায়ক্রমে M_1 ও M_2 দর্পণদ্বয়ে প্রতিফলিত হইয়া P'', P''' প্রভৃতি বাকী প্রতিবিম্বগুলি গঠন করিবে।

সুতরাং সমান্তরাল দর্পণদ্বয়ের মধ্যে অবস্থিত কোন আলোকবিন্দুর অঙ্কের হিসাবে অসংখ্য প্রতিবিম্ব গঠিত হইবার কথা—কিন্তু প্রত্যেক প্রতিফলনে দর্পণদ্বয় কিছু আলো শোষণ করে বলিয়া কিছু সংখ্যক প্রতিবিম্বের পর ইহা অস্পষ্ট হইয়া পড়ে এবং আর দেখা যায় না।

দুই দর্পণের মধ্যে অবস্থিত কোন দর্শক বিশেষ কোন প্রতিবিম্ব যে রশ্মির সাহায্যে দেখে তাহা 63 নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে।

(b) দর্পণদ্বয় সমকোণ :

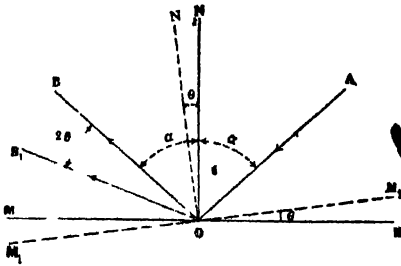
মনে কর OM_1 ও OM_2 দুইটি দর্পণ সমকোণে অবস্থিত এবং উহাদের সম্মুখে P একটি বিন্দুপ্রভব (64 নং চিত্র)। OM_1-এর উপর PAP_1 অভিলম্ব টান যাহাতে $PA=P_1A$ হয়। OM_1 দর্পণের জন্য P বিন্দুর P_1 প্রতিবিম্ব হইবে। M_2O কে পশ্চাতে বর্ধিত কর এবং P_1CP_2, অভিলম্ব টান যাহাতে $P_1C=P_2C$ হয়। অতএব, OM_2 দর্পণের জন্য P_1-এর প্রতিবিম্ব P_2 হয়। OM_2-এর উপর PBP' অভিলম্ব টান। আবার OM_2 দর্পণের জন্য P-এর প্রতিবিম্ব P' হইবে যাহাতে $PB=P'B$. M_1O কে নীচের দিকে প্রসারিত করিয়া $P'P''$ অভিলম্ব টান। OM_1 দর্পণের জন্য P'-এর প্রতিবিম্ব P'' হইবে। কাজেই $P'D=P''D$. কিন্তু P'' এবং P_2 ঠিক একই স্থানে অবস্থিত বলিয়া উহারা উভয়ে মিশিয়া একটি প্রতিবিম্ব সৃষ্টি করে। এই যুক্ত প্রতিবিম্ব দুই দর্পণের পশ্চাতে পড়ে। সুতরাং ইহাদের আর কোন প্রতিবিম্ব হয় না। সুতরাং সমকোণে অবস্থিত দুই দর্পণ মোট তিনটি প্রতিবিম্ব উৎপন্ন করে এবং এই প্রতিবিম্বগুলি মূল বিন্দু P সহ একটি বৃত্তের উপর অবস্থিত হইবে। এই বৃত্তের কেন্দ্র হইবে O বিন্দু এবং ব্যাসার্ধ হইবে OP.

চিত্র নং 64

প্রশ্ন ৫। প্রমাণ কর যে দর্পণ যে কোণে আবর্তিত হয় প্রতিফলিত রশ্মি তাহার দ্বিগুণ কোণে আবর্তিত হয়।

[Show that when a plane mirror is rotated, a reflected

beam is turned through twice the angle through which the mirror is turned.]

[H. S. Exam., 1960, (Comp.), '62, '63, '64 (Comp.)]

উঃ। ধর, MM দর্পণের প্রথম অবস্থান (65 নং চিত্র) এবং AO একটি আপতিত ও OB তাহার প্রতিফলিত রশ্মি। ON দর্পণের উপর অভিলম্ব। প্রতিফলনের নিয়মানুযায়ী $\angle AON = \angle BON = \alpha$(ধর)

$\therefore \quad \angle AOB = 2\alpha$

চিত্র নং 65

এখন, দর্পণ θ কোণ ঘুরিয়া M_1M_1 অবস্থিতিতে গেলে AO রশ্মি প্রতিফলিত হইয়া OB_1 রশ্মি হয়। ON-অভিলম্ব-দর্পণের মত θ কোণ ঘুরিয়া ON_1-এ অবস্থিত হইবে। এক্ষেত্রে প্রতিফলিত রশ্মি যে কোণে আবর্তিত হইল তাহা BOB_1.

প্রমাণ করিতে হইবে যে ঐ কোণ 2θ.

এখন, প্রতিফলনের নিয়মানুযায়ী, $\angle AON_1 = \angle B_1ON_1$

কিন্তু $\angle AON_1 = \alpha + \theta$

$$\therefore \quad \angle AOB_1 = 2\angle AON_1 = 2(\alpha + \theta)$$

$$\therefore \quad \angle BOB_1 = \angle AOB_1 - \angle AOB = 2(\alpha+\theta) - 2\alpha = 2\theta.$$

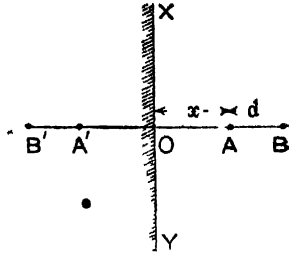
প্রশ্ন ৬। প্রমাণ কর যে, সমতল দর্পণের সম্মুখে অবস্থিত কোন বস্তুর স্থানচ্যুতি হইলে উহার প্রতিবিম্বেরও অনুরূপ স্থানচ্যুতি হইবে।

[Prove that when an object placed in front of a plane

mirror moves through any distance, the image correspondingly moves through the same distance.]

[H. S. (Comp.), 1962]

উঃ। মনে কর, XY দর্পণের সম্মুখে A একটি বস্তু [চিত্র 65 (a)]। উহার দূরত্ব $OA = x$ (ধর), এখন A' উহার প্রতিবিম্ব হইলে আমরা জানি $OA' = OA = x$.

এখন A বস্তু 'd' দূরত্ব সরিয়া B বিন্দুতে গেলে, দর্পণ হইতে উহার দূরত্ব $= OB = x + d$. এখন, B' উহার প্রতিবিম্ব হইলে, আমরা লিখিতে পারি, $OB' = OB = x + d$

চিত্র নং 65 (a)

অতএব, প্রতিবিম্ব-সরণ $= OB' - OA'$

$= (x + d) - x$

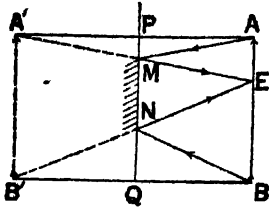
$= d$

= বস্তুর সরণ।

প্রশ্ন ৭। নিজ দৈর্ঘ্যের অর্ধেক দৈর্ঘ্যসম্পন্ন দর্পণে কোন ব্যক্তি তাহার পূর্ণ প্রতিবিম্ব দেখিতে পায় তাহা ছবি আঁকিয়া প্রমাণ কর।

[Show by means of a diagram that a man can see the whole of his person in a mirror, the length of which is half his own height.] **[H. S. (Comp) 1960]**

উঃ। ধরা যাউক AB একজন দর্শক এবং E তাহার চক্ষুর অবস্থিতি (66 নং চিত্র)। PQ দর্শকের সম্মুখে অবস্থিত সমতল দর্পণ। A'B' দর্শকের প্রতিবিম্ব হইলে APA' এবং BQB' রেখাদ্বয় PQ রেখার অভিলম্ব হইবে এবং $AP = A'P$ ও $BQ = B'Q$. এখন, E বিন্দুকে A' ও B' বিন্দুদ্বয়ের সহিত যুক্ত করিয়া দুইটি রেখা টান। মনে কর, উহারা PQ

সরলরেখাকে যথাক্রমে M ও N বিন্দুতে ছেদ করিল। সুতরাং মনে করা যাইতে পারে যে দর্শকের দেহের সর্বোচ্চ বিন্দু A হইতে আলোকরশ্মি নির্গত হইয়া দর্পণ দ্বারা প্রতিফলিত হইয়া ME পথে যাইবে এবং মনে হইবে A বিন্দু A′ বিন্দুতে অবস্থিত। অর্থাৎ দর্পণ M বিন্দু পর্যন্ত বিস্তৃত হইলেই ঐ প্রতিবিম্ব দেখা যাইবে। তেমনি দর্শকের দেহের সর্বনিম্ন বিন্দু B-এর প্রতিবিম্ব দেখিতে হইলে দর্পণ N পর্যন্ত বিস্তৃত হওয়া দরকার। সুতরাং দর্শককে নিজ দেহের পূর্ণ-প্রতিবিম্ব দেখিতে গেলে দর্পণের ন্যূনতম দৈর্ঘ্য হওয়া উচিত MN.

চিত্র নং 66

এখন AA′E ত্রিভুজের AA′ রেখার মধ্যবিন্দু P এবং PM রেখা AE-র সমান্তরাল।

সুতরাং A′E রেখার মধ্যবিন্দু হইল M.

একই কারণে B′E রেখার মধ্যবিন্দু হইবে N.

এখন, A′B′E ত্রিভুজের দুই বাহুর মধ্যবিন্দু M ও N হওয়ায় জ্যামিতিক নিয়মানুযায়ী MN রেখা A′B রেখার অর্ধেক। আবার A′B′ = AB কাজেই দর্পণের ন্যূনতম দৈর্ঘ্য দর্শকের দৈর্ঘ্যের অর্ধেক।

প্রশ্ন ৮। 6 ft. দীর্ঘ এক ব্যক্তি 3 ft. দীর্ঘ একখানি দর্পণকে খাড়া দেওয়ালে আটকাইয়া কিভাবে নিজ দেহের পূর্ণ প্রতিবিম্ব দেখিতে পায় তাহা চিত্র সহযোগে ব্যাখ্যা কর।

[Show, by means of a diagram, how a man, height 6 ft. could place a mirror, length 3 ft. flat aga inst a vertical wall, so that he could see a full-sized image of himself in it.]

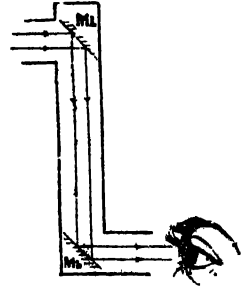
[H. S. Exam , 1962]

উঃ। ৭ নং প্রশ্ন দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ৯। নিম্নলিখিত যন্ত্র দুইটির বিবরণ ও কার্যপ্রণালী বুঝাইয়া দাও :—(*a*) সরল পেরিস্কোপ, (*b*) ক্যালিডোস্কোপ।

[Explain the construction and action of (*a*) Simple Periscope, [**H. S. (Comp.), 1962, '64**] (*b*) Kaleidoscope]
[**H. S. (Comp). 1962. '66**]

উঃ। (*a*) সরল পেরিস্কোপ :

67 নং চিত্রে দুইটি সমান্তরাল দর্পণ কর্তৃক নির্মিত সরল পেরিস্কোপ দেখানো হইল। ইহাতে দুইটি সমতল দর্পণ M_1 ও M_2 পরস্পর মুখোমুখী করিয়া রাখা। কাঠের অথবা কোন ধাতুর একটি নলে ইহাদের আটকানো হয় এবং নলের অক্ষের সহিত দর্পণ দুইটি 45° কোণে অবস্থিত থাকে। দূরাগত কোন অনুভূমিক আলোকরশ্মি M_1 দর্পণে 45° কোণে আপতিত হয় এবং 45° কোণে প্রতিফলিত হইয়া—অর্থাৎ মোট 90° কোণ ঘুরিয়া নলের অক্ষ বরাবর M_2 দর্পণে পুনরায় 45° কোণে আপতিত হয়। এই দর্পণ আলোকরশ্মিকে পুনর্বার প্রতিফলিত করিলে রশ্মি অনুভূমিক হইয়া চোখে পৌঁছায়। সুতরাং সোজাসুজি দূরের বস্তু দেখিবার অসুবিধা থাকিলে এই পেরিস্কোপের সাহায্যে এভাবে দেখা যাইবে। ভীড়ের উপর দিয়া খেলা দেখা, পরিখায় লুকাইয়া বিপক্ষ সৈন্যদলকে লক্ষ্য করা ইত্যাদি কাজে পেরিস্কোপ ব্যবহৃত হয়।

চিত্র নং 67

(*b*) ক্যালিডোস্কোপ :

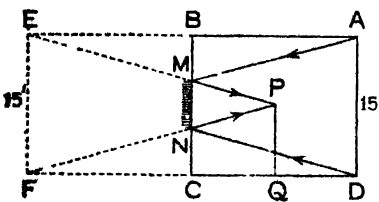
দুইটি সমতল দর্পণকে পরস্পর 60° কোণে আনত রাখিলে উহাদের মধ্যবর্তী কোন বস্তুর পাঁচটি প্রতিবিম্ব হয়। এই ঘটনাকে প্রয়োগ করিয়া ক্যালিডোস্কোপ নামক ছেলেদের একটি খেলনা তৈরী করা হয়।

ইহাতে একটি গোল নলে তিনখানি সরু দর্পণ পরস্পর 60° কোণে বসানো থাকে। ইহার এক প্রান্ত একটি কার্ডবোর্ডের চাকতি ও অপর প্রান্ত একখানি ঘষা-কাচের চাকতি দিয়া আবদ্ধ। কার্ডবোর্ডের চাকতিতে একটি

ফুটা থাকে। ঘষা-কাচের উপর এবং দর্পণ তিনখানির মধ্যে কয়েক টুকরা রঙিন কাচ রাখিয়া আর একটি স্বচ্ছ কাচের চাকতি দিয়া উহাদের আটকাইয়া রাখা হয়। এখন কার্ডবোর্ডের চাকতির ফুটা দিয়া দেখিলে রঙিন কাচ-টুকরাগুলির প্রত্যেকটির পাঁচটি করিয়া প্রতিবিম্ব দেখা যাইবে এবং সব প্রতিবিম্ব মিলিয়া একটি সুন্দর রঙিন নক্শা তৈয়ারী হইবে। নলটি ঘুরাইলে টুকরাগুলির অবস্থান পরিবর্তিত হইবে এবং নতুন নতুন নক্শা দেখা যাইবে।

প্রশ্ন ১০। একটি ঘরের মাঝখানে এক ব্যক্তি দণ্ডায়মান। ঐ ব্যক্তির সম্মুখের দেওয়ালে একটি আয়না টাঙানো আছে। আয়নাটির দৈর্ঘ্য কমপক্ষে কত হইলে ঐ ব্যক্তি আয়নার ভিতর দিয়া পিছনের দেওয়ালের পূর্ণ প্রতিবিম্ব দেখিতে পাইবে? দেওয়ালের উচ্চতা 15 ft.

[A man is standing at the middle of a room and a plane mirror is hanging on the wall in front. What is the minimum size of the mirror through which the person will see full image of the wall behind him, the wall being 15 ft. high ?] **[H. S. Exam., 1964]**

উঃ। ABCD ঘরের ঠিক মাঝখানে PQ দর্শক দাঁড়াইয়া আছে [Fig. 67 (a)]। AD দেওয়ালের উচ্চতা 15 ft.; BC দেওয়ালে দর্পণ টাঙানো আছে। ABকে E পর্যন্ত বর্ধিত করা হইল যাহাতে AB=BE হয় এবং অনুরূপ ভাবে CDকে F পর্যন্ত বর্ধিত করা হইল যাহাতে DC=CF হয়। অতএব AD দেওয়ালের প্রতিবিম্ব হইবে EF এবং

চিত্র নং 67 (a)

চিত্র হইতে বোঝা যায় এই প্রতিবিম্ব দর্শকের দেখিতে হইলে দর্পণের প্রয়োজনীয় অংশ হইবে M হইতে N পর্যন্ত।

এখন, DQ=QC এবং DC=FC.

কাজেই, $QC=\frac{1}{3}FQ$.

যেহেতু, NC এবং PQ সমান্তরাল, কাজেই, NP = ½ FP.

এইভাবে প্রমাণ করা যায় যে MP = ½EP

এখন, EPF এবং MPN ত্রিভুজ দুইটি লও। ইহাদের মধ্যে MP = ½ EP এবং NP = ½ FP.

কাজেই, MN = ½ EF = ⅓ × 15 = 5 ft.

অর্থাৎ, দর্পণের প্রয়োজনীয় অংশের দৈর্ঘ্য হইল 5 ft.

প্রশ্ন ১১। সমতল দর্পণ কর্তৃক সৃষ্ট একটি বিস্তৃত বস্তুর প্রতিবিম্ব তুমি লক্ষ্য করিতেছ। প্রতিবিম্ব দেখিবার জন্য কি দর্পণের সমস্ত অংশই প্রয়োজন হইবে? চিত্র সহযোগে তোমার উত্তর বর্ণনা কর।

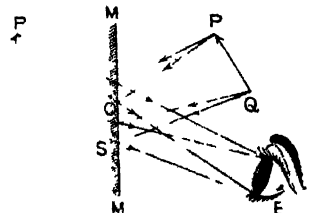
সমতল দর্পণ কর্তৃক সৃষ্ট প্রতিবিম্ব অসদ্ এবং পার্শ্বীয় পরিবর্তন-যুক্ত। এই দুইটি কথার ব্যাখ্যা কর।

সিনেমার পর্দা সাদা এবং অমসৃণ করা হয় কেন?

[You are looking at the image formed by a plane mirror of an extended object. Is the whole mirror necessary to form the image that you see? Explain your answer with the help of a diagram.

An image formed by a plane mirror is said to be *virtual* and *laterally inverted.* Explain what you understand by the terms in italics.

Why is the projection screen in cinema house made of rough, white material?] **[H. S. Exam , 1963**

উঃ। প্রথম অংশ: PQ একটি বিস্তৃত বস্তু। P বিন্দু হইতে একগুচ্ছ রশ্মি PQ দর্পণ MM কর্তৃক প্রতিফলিত হইয়া চোখে পৌঁছাইতেছে [Fig 67(b)] এবং মনে হইতেছে যেন রশ্মিগুলি P' বিন্দু হইতে আসিতেছে। তেমনি, Q বিন্দু হইতে একগুচ্ছ রশ্মি QS দর্পণ হইতে প্রতিফলিত হইয়া যখন চোখে [illegible] যেন রশ্মিগুলি Q' বিন্দু হইতে

চিত্র নং 67 (b)

আসিতেছে। সুতরাং PQ-বস্তুর পূর্ণ প্রতিবিম্ব P'Q' চোখ দেখিতে পাইবে। এক্ষেত্রে দেখা যাইতেছে যে পূর্ণ-প্রতিবিম্ব দেখিতে দর্পণের O হইতে S পর্যন্ত অংশ প্রতিফলনে অংশ গ্রহণ করিতেছে। সুতরাং প্রতিবিম্ব দেখিতে দর্পণের সমস্ত অংশের প্রয়োজন নাই। অবশ্য, চোখ বা বস্তু সরাইয়া লইলে দর্পণের কার্যকর অংশেরও পরিবর্তন হইবে।

দ্বিতীয় অংশ : সমতল দর্পণ যে প্রতিবিম্ব গঠন করে তাহা অসদ্ কারণ ঐ প্রতিবিম্ব প্রতিফলিত রশ্মির ছেদের (intersection) দ্বারা গঠিত হয় না ; প্রতিবিম্ব গঠিত হয় প্রতিফলিত রশ্মিগুলিকে পশ্চাতে বর্ধিত করিয়া। 67 (b) নং চিত্রে P বা Q বিন্দুর প্রতিবিম্ব প্রতিফলিত রশ্মিগুলিকে দর্পণের পশ্চাতে বর্ধিত করিয়া P' এবং Q' বিন্দুতে মিলিত করিয়া গঠন করা হইয়াছে। তাছাড়া, ঐ প্রতিবিম্বের সত্যকার কোন অস্তিত্ব নাই—কারণ প্রতিবিম্বের স্থানে কোন পর্দা রাখিলে পর্দায় প্রতিবিম্ব গঠিত হয় না। এই সকল কারণে প্রতিবিম্বকে অসদ্ বলা হয়।

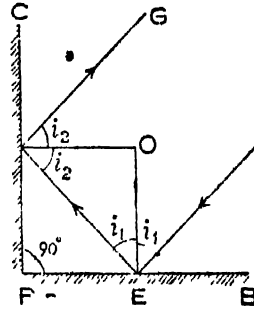
সমতল দর্পণ বস্তুর যে প্রতিবিম্ব গঠন করে তাহার পার্শ্বীয় পরিবর্তন হয়—বস্তুর ডান দিক প্রতিবিম্বের বাঁ দিক এবং বস্তুর বাঁ দিক প্রতিবিম্বের ডান দিক বলিয়া মনে হয়। বস্তুর যে-কোন বিন্দু দর্পণের যতটা সম্মুখে আছে ঐ বিন্দুর প্রতিবিম্ব দর্পণের ঠিক ততটা পিছনে হয়—এই ঘটনার জন্য প্রতিবিম্বের পার্শ্বীয় পরিবর্তন হয়।

শেষ অংশ : কোন তল যদি অমসৃণ হয় তবে ঐ তল হইতে আলোক-রশ্মির বিক্ষিপ্ত প্রতিফলন হয়—অর্থাৎ রশ্মিগুলি প্রতিফলিত হইয়া চতুর্দিকে ছড়াইয়া পড়ে। ইহাতে ঐ বস্তুগুলি যেদিক হইতেই দেখা যাক না কেন সর্বত্র সমান উজ্জ্বল দেখাইবে। কিন্তু তল যদি চকচকে হয় তবে রশ্মির নিয়মিত প্রতিফলন হয় এবং প্রতিফলিত রশ্মি চোখে পৌঁছাইয়া চোখ ধাঁধাইয়া দেয়। তাছাড়া, সাদা তল কোন আলো শোষণ করে না বলিয়া ঐ তলে উৎপন্ন প্রতিবিম্ব খুব উজ্জ্বল দেখাইবে এবং সাদা পশ্চাদ্‌পটে কালো ছবি খুব স্পষ্ট ফুটিয়া উঠিবে। এই সকল কারণের জন্য সিনেমার পর্দা সাদা এবং অমসৃণ [illegible] হয়।

প্রশ্ন ১২। দুইটি সমতল দর্পণ পরস্পরের সহিত সমকোণে আছে। প্রমাণ কর যে, কোন আপতিত রশ্মি পর পর দুইটি দর্পণে প্রতিফলিত হইলে নিজের সমান্তরালে নির্গত হইবে।

[Two plane mirrors are fixed at right angles. Show that an incident ray suffering successive reflections at the two mirrors returns parallel to itself]

[H. S. (Comp)., 1965]

উঃ। মনে কর দুইটি সমতল দর্পণ PB এবং PC পরস্পরের সহিত 90° কোণে আনত আছে। একটি রশ্মি AE [চিত্র 67 (c)] PB দর্পণে E বিন্দুতে প্রতিফলিত হইয়া EF পথে দ্বিতীয় দর্পণ PC-তে আপতিত হইল এবং পুনরায় প্রতিফলিত হইয়া FG পথে নির্গত হইল। প্রমাণ করিতে হইবে FG এবং AE সমান্তরাল।

চিত্র নং 67 (c)

মনে কর, E বিন্দুতে আপতন কোণ $=i_1$ এবং F বিন্দুতে আপতন এবং প্রতিফলন কোণ $=i_2$.

এখন, E বিন্দুতে প্রতিফলনের দরুন রশ্মির চ্যুতি $=180-2i_1$ এবং

F বিন্দুতে প্রতিফলনের দরুন চ্যুতি $=180-2i_2$.

সুতরাং মোট চ্যুতি $=180-2i_1+180-2i_2=360-2(i_1+i_2)$

এখন FOE ত্রিভুজের, $\angle FOE=\angle FPE=90°$;

কাজেই $i_1+i_2=90°$

$\therefore$ মোট চ্যুতি $=360-2\times 90=180°$

অর্থাৎ রশ্মি যে-পথের দিকে আসিয়াছিল বিপরীতমুখী সেই পথে ফিরিয়া যাইবে—অথবা FG এবং AE পরস্পরের সমান্তরাল।

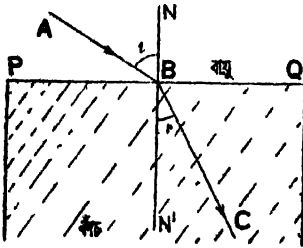
তৃতীয় পরিচ্ছেদ

সমতলে আলোকের প্রতিসরণ

প্রশ্ন ১। আলোকের প্রতিসরণ বলিতে কি বোঝ? প্রতিসরণের সূত্র কি? ঐ সূত্রগুলির সত্যতা নিরূপণের কোন পরীক্ষাগার ব্যবস্থা বর্ণনা কর।

[What do you mean by refraction of light? What are the laws of refraction? Describe a laboratory method of verifying the laws.] [H. S. (Comp.), 1960]

উঃ। আলোকের প্রতিসরণ ঃ

কোন স্বচ্ছ সমস্বত্ব (homogeneous) মাধ্যমের ভিতর দিয়া আলোক-রশ্মি সরল-রেখায় গমন করে কিন্তু এক মাধ্যম হইতে আসিয়া অপর মাধ্যমে তির্যকভাবে আপতিত হইলে দুই মাধ্যমের বিভাগতলে রশ্মির গতির অভিমুখ পরিবর্তিত হয়। রশ্মির গতির অভিমুখের এই পরিবর্তনকে আলোকের প্রতিসরণ বলে। ধরা যাউক, একটি আলোকরশ্মি বায়ু মাধ্যমে AB সরল-রেখায় আসিয়া একটি কাচের ফলকের উপর তির্যকভাবে আপতিত হইল (68 নং চিত্র)। আলোকরশ্মি এখন কাচের ভিতর প্রবেশ করিবে। কিন্তু

চিত্র নং 68

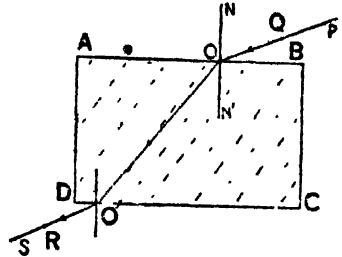
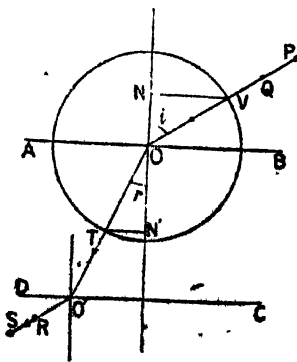
কাচের ভিতর রশ্মি যে সরলরেখায় যাইবে তাহা AB হইতে ভিন্ন। যদি কাচের ভিতর রশ্মির গতিপথ BC হয় তবে দুই মাধ্যমের বিভেদ-তল PQ হইতে এই যে আলোর গতির অভিমুখ পরিবর্তিত হইল, ইহাকে প্রতিসরণ বলা হয়।

প্রতিসরণের সূত্র ঃ

(1) আপতিত রশ্মি, আপতন-বিন্দুতে বিভেদ-তলের উপর অঙ্কিত অভিলম্ব এবং প্রতিসৃত রশ্মি সর্বদা এক সমতলে অবস্থিত হয়।

(2) আপতন কোণের সাইন (Sine) প্রতিসৃত ও কোণের সাইনের অনুপাত সর্বদা ধ্রুবক এবং এই ধ্রুবকের মান দুই মাধ্যমের ও আলোকের বর্ণের উপর নির্ভর করে।

সত্যতা নিরূপণ :

পরীক্ষাগারে পিন দ্বারা প্রতিসরণের সূত্রগুলির সত্যতা নিরূপণ করা যায়। একটি বোর্ডের উপর সাদা কাগজ আটকাইয়া তাহার উপর একখানি আয়তাকার (rectangular) কাচের ফলক রাখ। পেনসিল দিয়া ফলকের সীমানা ABCD আঁক (69 নং চিত্র)। কাচের সঙ্গে লাগাইয়া O-তে একটি পিন এবং একটু দূরে Q-তে আর একটি পিন আটকাও। অতঃপর ফলকের অপর পাশ হইতে ঐ পিন দুইটি দেখিবার চেষ্টা কর। চোখ এমনভাবে রাখ যেন উহারা এক সরল রেখায় থাকে এবং চোখ ঐ অবস্থায় রাখিয়া R এবং S দুইটি পিন এমনভাবে বসাও যেন তাহারা ঐ সরল রেখায় থাকে। বসানো ঠিক হইলে S পিন দ্বারা বাকী সব কয়টি পিন সম্পূর্ণরূপে আবৃত হইবে। পিনগুলির অবস্থান চিহ্নিত করিয়া পিন ও ফলক সরাইয়া ফেল। O এবং Q বিন্দু সরলরেখা দ্বারা যুক্ত কর। তেমনি S এবং R যুক্ত করিয়া DC পর্যন্ত বর্ধিত কর। ধর, O' হইল ছেদ-বিন্দু। এইবার OO' সরলরেখা টান। এক্ষেত্রে QO আপতিত রশ্মি OO' কাচের ভিতর প্রতিসৃত রশ্মি। NON' অভিলম্ব। O বিন্দুকে কেন্দ্র করিয়া একটি বৃত্ত আঁক। ধর, বৃত্তটি আপতন রশ্মি ও প্রতিসৃত

চিত্র নং 69

চিত্র নং 70

রশ্মিদের V ও T বিন্দুতে ছেদ করিল (70 নং চিত্র)। V ও T হইতে NON' রেখার উপর যথাক্রমে VN ও TN' লম্ব টান ,

এখন, $\sin i = \frac{NV}{OV}$ এবং $\sin r = \frac{TN'}{OT}$

$$\frac{\sin i}{\sin i} = \frac{NV}{OV} \div \frac{TN'}{OT} = \frac{NV}{TN'}, \text{ [কারণ, OV=OT]}$$

স্কেলের সাহায্যে NV ও TN' দৈর্ঘ্য মাপিয়া অনুপাত নির্ণয় কর। অতঃপর Q পিনের অবস্থান পরিবর্তন করিয়া কয়েকবার উপরোক্ত পরীক্ষা কর। দেখিবে যে অনুপাতগুলি সর্বদা সমান। ইহা দ্বিতীয় নিয়মের সত্যতা প্রমাণিত করে। তাছাড়া, আপতিত রশ্মি, প্রতিসৃত রশ্মি ও অভিলম্ব কাগজের তলে থাকায় প্রথম নিয়মের সত্যতাও প্রমাণিত হয়।

প্রশ্ন ২। নিম্নলিখিত বিষয়গুলির কারণ বুঝাইয়া দাও :—

(i) একটি দণ্ড বাঁকাভাবে আংশিক জলে ডুবাইলে ভাঙ্গা দেখায়।

[A stick immersed partly in water and viewed obliquely appears to be bent at the surface of water.]

[H. S. (Comp.), 1962, '67]

(ii) জলপূর্ণ পাত্রের তলদেশে সোজাসুজি তাকাইলে জল ততটা গভীর মনে হয় না।

[A vessel full of water appears shallower than it is when looked down vertically.] **[H. S. (Comp.), 1960]**

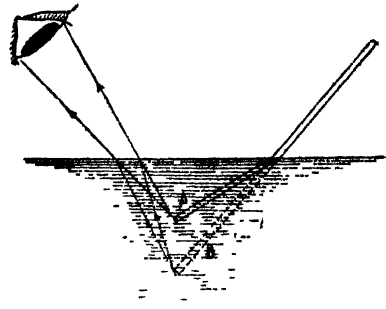
(iii) একটি পাত্রে রক্ষিত মুদ্রা ঠিক দৃষ্টির অগোচরে আছে। পাত্রে জল ঢালিলে মুদ্রাটি দৃষ্টিগোচরে আসে।

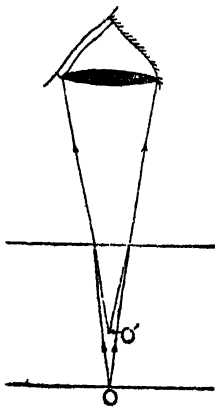
[A coin placed in a basin is just hidden from view. When water is poured into it, the coin just comes into view.]

(iv) বায়ু-সাপেক্ষ কাচ মাধ্যমের প্রতিসরাঙ্ক 1.5.

[The refractive index of glass relative to air is 1·5.]
[*cf.* H. S. Exam., 1960, '62]

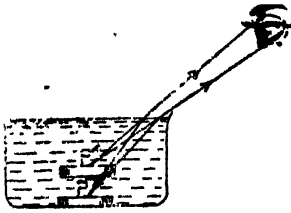
উঃ। একটি দণ্ড বাঁকাভাবে আংশিক জলে ডুবাইলে ভাঙ্গা দেখাইবার কারণ আলোর প্রতিসরণ। দণ্ডের যে অংশ জলের উপরে থাকে তাহা

হইতে আলোকরশ্মি সোজাসুজি চোখে আসে বলিয়া ঐ অংশকে আমরা যথাস্থানে দেখি। কিন্তু নিমজ্জিত অংশ হইতে আলোকরশ্মি চোখে পৌঁছাইতে জল ও বায়ুর বিভাগ-তলে প্রতিসৃত হইবে। এই প্রতিসরণের জন্য কোন বিন্দু—ধর B বিন্দু—মনে হইবে খানিকটা উপরে উঠিয়া A বিন্দুতে আছে (71 নং চিত্র)। নিমজ্জিত অংশের অন্যান্য বিন্দুগুলিও ঐরূপ মনে হইবে। কাজেই দণ্ডের দুই অংশ একই সরল রেখায় দেখা না যাওয়ায় মনে হয় দণ্ডটি ভাঙ্গা।

চিত্র নং 71

(ii) মনে কর, জলপূর্ণ পাত্রের তলদেশে O একটি বিন্দু (72 নং চিত্র)। এখন তলদেশে সোজাসুজি তাকাইলে O বিন্দু হইতে রশ্মিগুচ্ছকে চোখে পৌঁছাইতে জল হইতে বায়ুতে প্রবেশ করিতে হইবে। সুতরাং দুই মাধ্যমের বিভাগ-তলে আলোকরশ্মির প্রতিসরণ হইবে। যেহেতু রশ্মি জল অর্থাৎ ঘন মাধ্যম হইতে বায়ু অর্থাৎ লঘু মাধ্যমে যাইতেছে, কাজেই প্রতিসৃত রশ্মি অভিলম্ব হইতে দূরে সরিয়া যাইবে এবং মনে হইবে O′ বিন্দু হইতে আসিতেছে। পাত্রের তলদেশের প্রত্যেক বিন্দুর এই প্রকার আপাত (apparent) অবস্থানের ফলে পাত্রের জল তত গভীর মনে হয় না।

চিত্র নং 72

(iii) পাত্রে জল ঢালিলে মুদ্রাটি দৃষ্টির গোচরে আসে কারণ মুদ্রাটি হইতে যে আলোকরশ্মি আমাদের চোখে আসিয়া পৌঁছায় তাহা জল হইতে বায়ুতে [illegible] সময় প্রতিসরণের জন্য বাঁকিয়া যায় এবং তাহার ফলে কিছুটা

উপরে মুদ্রার যে প্রতিবিম্ব সৃষ্ট হয় আমরা আসলে সেই প্রতিবিম্বকেই দেখি।

চিত্র নং 73

73 নং চিত্রে মুদ্রার উপর P একটি বিন্দু। P হইতে দুইটি আলোকরশ্মি প্রথমে জলের মধ্যে চলিয়া পরে বায়ুতে নির্গত হইতেছে। প্রতিসরণের ফলে রশ্মিগুলি অভিলম্ব হইতে দূরে বাঁকিয়া যাইবে এবং প্রতিসৃত রশ্মিদের পিছনে প্রসারিত করিলে তাহারা P' বিন্দুতে মিলিত হয়। এইভাবে সমগ্র প্রতিবিম্বটি কিছুটা উঠিয়া আসায় উহা দৃষ্টিগোচর হয়।

(iv) প্রতিসরণের সূত্র হইতে আমরা জানি যে আপতন কোণের সাইন ও প্রতিসৃত কোণের সাইনের অনুপাত সর্বদা ধ্রুবক। এই ধ্রুবককে বলা হয় প্রথম মাধ্যমের (অর্থাৎ যে মাধ্যম হইতে রশ্মি আগমন করে) তুলনায় দ্বিতীয় মাধ্যমের (অর্থাৎ যে মাধ্যমে রশ্মি প্রতিসৃত হয়) প্রতিসরাঙ্ক। সুতরাং বায়ু-সাপেক্ষ কাচের প্রতিসরাঙ্ক 1·5 বলিলে বুঝায় যে বায়ুতে আপতন কোণের সাইন এবং কাচে প্রতিসৃত কোণের সাইনের অনুপাত 1·5.

প্রশ্ন ৩। কোন মাধ্যমের চরম প্রতিসরাঙ্ক বলিতে কি বুঝায়? '*a*' এবং '*b*' মাধ্যমদ্বয়ের চরম প্রতিসরাঙ্ক n_a এবং n_b হইলে $\frac{n_a}{n_b}$ এবং $\frac{n_b}{n_a}$ কি বুঝাইবে?

[What is meant by absolute refractive index of a medium? If n_a and n_b are the absolute refractive indices of two media '*a*' and '*b*' respectively, what do $\frac{n_a}{n_b}$ and $\frac{n_b}{n_a}$ represent?] **[H. S. (Comp.), 1964]**

উঃ। যদি আলোকরশ্মি শূন্য (vacuum) হইতে আসিয়া কোন মাধ্যমে প্রতিসৃত হয় তবে সেক্ষেত্রে আপতন কোণের সাইন ও প্রতিসৃত কোণের সাইনের অনুপাতকে ঐ মাধ্যমের চরম প্রতিসরাঙ্ক বলা হইবে।

শেষাংশ : যদি আলোকরশ্মি শূন্য হইতে আসিয়া 'a' মাধ্যমের ভিতর দিয়া 'b' মাধ্যমে প্রতিসৃত হইয়া পুনরায় শূন্যে নির্গত হয়, তবে প্রমাণ করা যায় যে,

$$n_a \times {}_a n_b \times \frac{1}{n_b} = 1 \text{ অথবা, } {}_a n_b = \frac{n_b}{n_a}$$

সুতরাং $\frac{n_b}{n_a}$ এই প্রতীক দ্বারা 'a' মাধ্যম সাপেক্ষ 'b' মাধ্যমের আপেক্ষিক প্রতিসরাঙ্ক বুঝায়।

অনুরূপভাবে, $\frac{n_a}{n_b}$ এই প্রতীক দ্বারা 'h' মাধ্যম সাপেক্ষ 'a' মাধ্যমের আপেক্ষিক প্রতিসরাঙ্ক বুঝায়।

প্রশ্ন ৪। একটি সমান্তরাল তলবিশিষ্ট কাচফলক কর্তৃক একটি আলোকরশ্মির প্রতিসরণ হইলে আপতিত রশ্মি ও নির্গম-রশ্মিদ্বয়ের ভিতর কত কোণ উৎপন্ন হইবে? চিত্র সহযোগে ব্যাখ্যা কর।

একটি পুরু কাচের দর্পণ বস্তুর একাধিক প্রতিবিম্ব কিরূপে সৃষ্টি করে তাহা চিত্র অঙ্কন করিয়া বুঝাও। ইহাদের ভিতর কোন্ প্রতিবিম্ব সর্বাপেক্ষা উজ্জ্বল ?

[A ray of light is refracted through a parallel slab of glass. What angle does the emergent ray make with the incident ray ? Explain with the help of a diagram.

Draw a diagram to show how a thick glass mirror can form more than one image of an object. Which of the images is the brightest ?]

[H. S. Exam., 1963, '65 (Comp.)]

উঃ। ABCD একটি সমান্তরাল তলবিশিষ্ট কাচফলক। মনে কর, বায়ু-মধ্যে একটি রশ্মি i_1 আপতন কোণে AB তলে পড়িয়া r_1 প্রতিসৃত কোণে

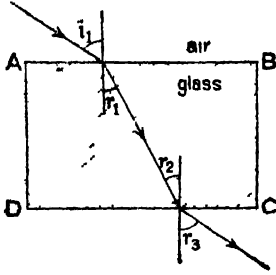
কাচের মধ্যে প্রবেশ করিল এবং r_2 আপতন কোণে DC তলে পড়িয়া r_3 কোণে বায়ু মধ্যে পুনরায় নির্গত হইল [চিত্র নং 73(a)]।

চিত্র নং 73(a)

এক্ষেত্রে, $\dfrac{\sin i_1}{\sin r_1} = {}_{air}\mu_{glass}$

আবার, DC তলে প্রতিসরণ বিবেচনা করিলে,

$$\frac{\sin r_3}{\sin r_2} = {}_{air}\mu_{glass}$$

$$\therefore \frac{\sin i_1}{\sin r_1} = \frac{\sin r_3}{\sin r_2}$$

এখন, AB এবং DC পরস্পর সমান্তরাল হওয়ায়, $\angle r_1 = \angle r_2$

অথবা $\sin r_1 = \sin r_2$

কাজেই, $\sin i_1 = \sin r_3$ অথবা, $\angle i_1 = \angle r_3$

অর্থাৎ আপতিত রশ্মি এবং নির্গমরশ্মি পরস্পরের সমান্তরাল।

দ্বিতীয়াংশ : ধর একটি মোমবাতি একটি পুরু আয়নার সম্মুখে রাখা আছে [চিত্র 73 (b)] মোমবাতির P বিন্দু হইতে PA আলোকরশ্মি আয়নার উপর A বিন্দুতে আপতিত হইল। আলোকরশ্মির খুব সামান্য অংশ A বিন্দুতে প্রতিফলিত হইবে এবং উহার জন্য একটি অস্পষ্ট প্রতিবিম্ব Q_1 তৈয়ারী হইবে। আলোকরশ্মির বেশী অংশ কাচের ভিতর প্রতিসৃত হইয়া আয়নার পিছনে পারদের প্রলেপের উপর আপতিত হইবে এবং সেখান হইতে সম্পূর্ণ প্রতিফলিত হইয়া CD সরলরেখায় আসিয়া D বিন্দুতে আয়নার সম্মুখতলে আপতিত হইবে। এই

চিত্র নং 73 (b)

আলোকরশ্মির আবার বেশী অংশ D বিন্দুতে প্রতিসৃত হইয়া বায়ুতে প্রবেশ করিবে এবং তাহার ফলে Q_2 প্রতিবিম্ব তৈয়ারী হইবে। এই প্রতিবিম্ব

সর্বাপেক্ষা স্পষ্ট হইবে এবং সাধারণতঃ আমরা ইহাকেই আয়নার ভিতর প্রতিফলিত দেখি। D বিন্দুতে রশ্মির কিছু অংশ পুনরায় প্রতিফলিত হইবে এবং একই পদ্ধতিতে বার বার প্রতিফলিত ও প্রতিসৃত হইয়া Q_3 এবং অন্যান্য প্রতিবিম্ব সৃষ্টি করিবে। কিন্তু ক্রমশঃ আলোর তীব্রতা কমিয়া আসায় প্রতিবিম্ব অস্পষ্ট হইয়া যায়। এইভাবে পুরু আয়নায় অনেকগুলি প্রতিবিম্ব দেখা যায়।

প্রশ্ন ৫। সমান্তরাল তলবিশিষ্ট কাচফলকের মধ্য দিয়া প্রতিসৃত আলোকরশ্মির পথ জ্যামিতিক পদ্ধতি অনুযায়ী অঙ্কন কর। ফলকের দুই সমান্তরাল তলের দূরত্ব 5 cm. এবং কাচের প্রতিসরাঙ্ক 1·5; একটি সমান্তরাল তলে আপতন কোণ 60° হইলে প্রতিসৃত কোণ পরিমাপ কর।

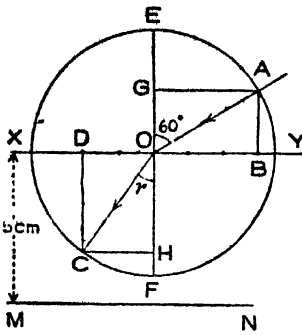
পূর্ণ প্রতিফলনের সাহায্য লইয়া কোন আলোকরশ্মিকে কিরূপে (a) 90° এবং (b) 180° চ্যুতি করানো যায়?

[Trace geometrically the path of a ray of light through a slab of glass (of refractive index 1·5) whose parallel sides are 5 cm. apart. The angle of incidence of the ray on one of these parallel sides is 60°. Measure the angle of refraction.

How can total reflection of light be employed to deviate a beam of light (*a*) through 90°, (*b*) through 180° ?]

[H. S. Exam., 1965]

উঃ। ধর XY এবং MN দুই সমান্তরাল তল 5 cm. দূরে অবস্থিত। XY তলের মধ্যস্থলে O একটি বিন্দু লও এবং XY রেখার সহিত সমকোণ করিয়া EOF লম্ব টান [চিত্র 73 (c)] OE রেখার সহিত 60° কোণ করিয়া AO রেখা টান। AO আপতিত রশ্মি বুঝাইবে। O বিন্দু হইতে XY বরাবর ডানদিকে তিনটি সমান অংশ লও যাহাদের প্রত্যেকটির দৈর্ঘ্য 1 cm. অথবা উহার কম। ধর, সর্বশেষ ভাগের প্রান্তবিন্দু হইল B এবং বাঁদিকে

ঐরূপ সমান দুইটি অংশ লও যাহার প্রান্তবিন্দু হইল D. এখন B হইতে আপতিত রশ্মির উপর BA রেখা টান যাহাতে ঐ রেখা XY রেখার লম্ব হয়। O বিন্দুকে কেন্দ্র করিয়া এবং OA ব্যাসার্ধ লইয়া একটি বৃত্ত আঁক। D বিন্দু দিয়া XY রেখার উপর DC লম্ব টান যাহাতে ঐ লম্ব পূর্বোক্ত বৃত্তকে C বিন্দুতে ছেদ করে। এখন O এবং C বিন্দু যুক্ত করিলে OC সরলরেখাই হইবে প্রতিসৃত রশ্মি।

চিত্র নং 73 (ঙ)

ইহা প্রমাণ করিতে হইলে, A এবং C বিন্দু হইতে EOF সরলরেখার উপর যথাক্রমে AG এবং CH লম্ব টান। আমরা যদি প্রমাণ করিতে পারি $\frac{\sin 60°}{\sin r} = 1{\cdot}5$ তাহা হইলে OC প্রতিসৃত রশ্মি বুঝাইবে।

এখন, $\sin 60° = \frac{AG}{AO}$ এবং $\sin r = \frac{CH}{CO}$

$\therefore \quad \frac{\sin 60°}{\sin r} = \frac{AG}{AO} \Big/ \frac{CH}{CO} = \frac{AG}{CH}$ [কারণ AO=CO]

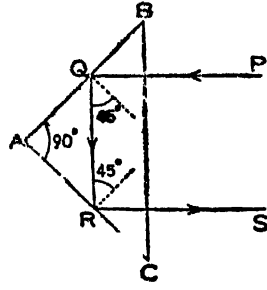
কিন্তু, AG=OB এবং CH=OD.

অর্থাৎ $\frac{AG}{CH} = \frac{OB}{OD} = \frac{3}{2} = 1{\cdot}5$ (অঙ্কন অনুযায়ী)

সুতরাং $\frac{\sin 60°}{\sin r} = 1{\cdot}5$, কাজেই AO আপতিত রশ্মির প্রতিসৃত রশ্মি হইবে OC. প্রতিসৃত কোণ চাঁদার সাহায্যে মাপিলে প্রায় 36° হইবে।

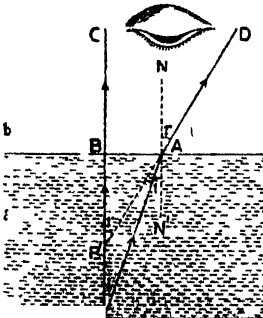
শেষাংশ (a) ১৩নং প্রশ্ন দ্রষ্টব্য।

(b) 180° চ্যুতি করাইতে হইলে, সমকোণ সমদ্বিবাহু প্রিজম লইয়া একটি রশ্মিকে অতিভুজ (hypotenuse) বাহুর লম্বভাবে প্রিজমের উপর

ফেলিতে হইবে। রশ্মিটি AB বাহুতে Q বিন্দুতে আপতিত হইলে আপতিত কোণ হইবে 45° [চিত্র 73 (d)]; কিন্তু উহা কাচ ও বায়ুর সংকট কোণ অপেক্ষা বেশী হওয়ায় রশ্মির পূর্ণ প্রতিফলন হইবে। রশ্মিটি অতঃপর QR এবং RS পথে নির্গত হইবে। এক্ষেত্রে রশ্মির চ্যুতি = 180°.

চিত্র নং 73 (d)

****প্রশ্ন ৬। একটি কাচফলকের ভিতর দিয়া কোন বস্তুকে সোজাসুজি দেখিলে বস্তুর প্রকৃত অবস্থান ও আপাত অবস্থানের ভিতর সম্পর্ক নির্ণয় কর।**

[Deduce the relation between the real and the apparent position of an object seen normally through a block of glass.] **[H. S. 1964, '65 (Comp.), '66]**

উঃ। মনে কর, P একটি বস্তু বিন্দু '*a*' কাচফলকের নীচে রহিয়াছে (74নং চিত্র)। সোজাসুজি P-এর দিকে তাকাইয়া P-এর আপাত অবস্থান নির্ণয় করিতে হইবে। P হইতে একটি রশ্মি PB অভিলম্বভাবে ফলকের উপর-তল AB-র উপর আপতিত হইলে ঐ রশ্মি বায়ু-মাধ্যমে সোজাসুজি BC পথে চলিয়া যাইবে। আর একটি রশ্মি PA সামান্য তির্যকভাবে A বিন্দুতে আপতিত হইয়া বাঁকিয়া AD পথে প্রতিসৃত হইবে। চোখে এই প্রতিসৃত রশ্মি দুইটি পৌছাইলে মনে হইবে P বিন্দুটি P' বিন্দুতে অবস্থিত আছে—কারণ ঐ দুইটি রশ্মিকে পশ্চাতে বর্ধিত করিলে P' বিন্দুতে ছেদ করে। সুতরাং P' হইল P-এর আপাত অবস্থান

চিত্র নং 74

এখন বায়ুর তুলনায় কাচের প্রতিসরাঙ্ক μ হইলে, প্রতিসরণের সূত্রানুযায়ী

$$\frac{1}{\mu}=\frac{\sin i}{\sin r}=\frac{\sin PAN'}{\sin DAN}$$

কিন্তু $\angle PAN'=\angle APB$ এবং $\angle DAN=\angle N'AP'$
$=\angle AP'B.$

সুতরাং, $\frac{1}{\mu}=\frac{\sin APB}{\sin AP'B}=\frac{AB}{AP}\div\frac{AB}{AP'}=\frac{AP'}{AP}$

যেহেতু দর্শক সোজাসুজি নীচের দিকে তাকাইতেছে কাজেই A ও B বিন্দুদ্বয় খুব নিকটবর্তী। কাজেই $AP'=BP'$ এবং $AP=BP$.

$$\therefore \frac{1}{\mu}=\frac{BP'}{BP}.$$

$$\text{or, } \mu=\frac{BP}{BP'}=\frac{\text{বস্তুর প্রকৃত গভীরতা}}{\text{বস্তুর আপাত গভীরতা}}$$

প্রশ্ন ৭। **আভ্যন্তরীণ পূর্ণ প্রতিফলন ও সংকট কোণ কাহাকে বলে পরিষ্কার ভাবে বুঝাইয়া দাও। সংকট কোণের সহিত ঘনতর মাধ্যমের প্রতিসরাঙ্কের সম্পর্ক কি? নিম্নলিখিত প্রশ্নগুলির জবাব দাও :—

(i) **ভুষোকালি মাখা ধাতব বল জলে ডুবাইলে চক্চকে দেখায় কেন?**

(ii) **কাচের জানলায় ফাটল থাকিলে উহা চক্চকে দেখায় কেন?**

(iii) **একটি খালি কাচনল জলপূর্ণ পাত্রে তির্যকভাবে রাখিলে নিমজ্জিত অংশ চক্চকে দেখায় কেন?**

[Explain clearly the terms 'total internal reflection' and 'critical angle'. What is the relation between the critical angle and the refractive index of the denser medium ?
[H. S. Exam., 1960, '62, '63 (Comp.) '66]

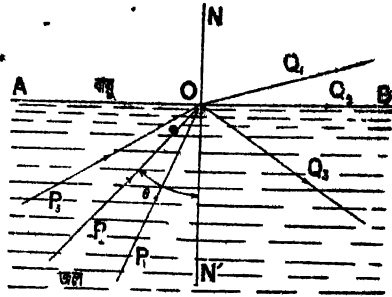
Answer the following questions :—

(i) A smoked metallic ball introduced into a beaker of water appears silvery white. Why ? **[H. S. (Comp.), 1960]**

(ii) A crack in a glass pane when viewed from a suitable direction appears shining. Why ?

(iii) The immersed portion of an empty test-tube placed obliquely in a beaker of water when viewed from a suitable direction appears shining. Why ?]

উঃ। আভ্যন্তরীণ পূর্ণ প্রতিফলন ও সংকট কোণ :

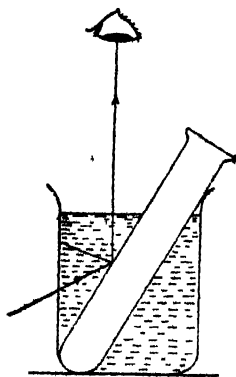
মনে কর, একটি রশ্মি P_1O জল হইতে গিয়া বায়ুতে প্রবেশ করিতেছে। জল বায়ু অপেক্ষা ঘন হওয়ায়, রশ্মি প্রতিসৃত হইয়া অভিলম্ব হইতে দূরে সরিয়া যাইবে। ধর, OQ_1 হইল প্রতিসৃত রশ্মি (75 নং চিত্র) যত আপতন কোণ $\angle P_1ON'$, বাড়ানো যাইবে তত প্রতিসৃত কোণ $\angle Q_1ON$ বাড়িয়া যাইবে। অতঃপর এমন একটি আপতন কোণ পাওয়া যাইবে (ছবিতে $\angle P_2ON'$) যখন প্রতিসৃত রশ্মি OQ_2 মাধ্যমদ্বয়ের বিভেদ-তল স্পর্শ করিয়া যাইবে অর্থাৎ প্রতিসৃত কোণ $\angle Q_2ON$ সমকোণ হইবে। এই অবস্থায় ঐ আপতন কোণকে ($\angle P_2ON'$) মাধ্যমদ্বয়ের সংকট কোণ বলা হয়। এখন যদি আপতন কোণ আর একটু বাড়ানো যায়, যেমন—$\angle P_3ON'$ তবে রশ্মির আর কোন প্রতিসরণ হইবে না, সমগ্র রশ্মি O-বিন্দু হইতে জলের ভিতর প্রতিফলিত হইয়া OQ_3 পথে যাইবে। এই ঘটনাকে আভ্যন্তরীণ পূর্ণ প্রতিফলন বলে।

চিত্র নং 75

সংকট কোণ ও প্রতিসরাঙ্কের সম্পর্ক :

ধর, মাধ্যমদ্বয়ের সংকট কোণ θ—অর্থাৎ $\angle P_2ON' = \theta$ এবং বায়ুর তুলনায় জলের প্রতিসরাঙ্ক μ. এক্ষেত্রে প্রতিসৃত কোণ $\angle Q_2ON = 90°$. প্রতিসরণের সূত্রানুযায়ী

$$\frac{1}{\mu} = \frac{\sin\theta}{\sin 90} = \sin\theta$$

$$\therefore \sin\theta = \frac{1}{\mu}$$

(i) ধাতব বলে ভুষোকালি মাখাইয়া জলে ডুবাইলে জলের উপরিভাগ ও জলের মধ্যে বায়ুর একটি পাতলা স্তর থাকিয়া যায়। সুতরাং আলোকরশ্মি জল হইতে ঐ বায়ুস্তরে প্রবেশ করিবার সময় আভ্যন্তরীণ প্রতিফলনের উদ্ভব করে এবং সুবিধামত অবস্থানে চোখ রাখিলে ঐ প্রতিফলিত রশ্মি চোখে পৌছাইবে। তখন মনে হইবে বলের ঐ অংশ আয়নার মত চক্‌চক্ করিতেছে।

চিত্র নং 76

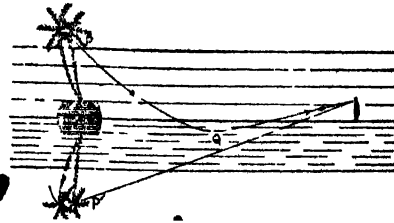
(ii) কাচের জানালায় ফাটল থাকিলে ঐ ফাটলের মধ্যে একটি পাতলা বায়ুস্তর আটকা পড়ে। ফলে রশ্মি কাচ হইতে ঐ বায়ুস্তরে প্রবেশ করিবার সময় আভ্যন্তরীণ পূর্ণ প্রতিফলনের সৃষ্টি করিয়া যদি চোখে পৌছায় তবে ফাটলের ঐ অংশ আয়নার মত উজ্জ্বল ও চক্‌চকে দেখাইবে।

(iii) কাচনলের নিমজ্জিত অংশ চক্‌চকে দেখাইবার কারণ নিম্নরূপ। নল খালি থাকায় উহাতে বায়ু থাকে। আলোকরশ্মি জল হইতে গিয়া কাচনলের অভ্যন্তরস্থ বায়ুতে প্রবেশ করিতে চায় এবং আপতন কোণ সংকট কোণ অপেক্ষা বেশী হইলেই পূর্ণ প্রতিফলিত হইয়া চোখে পৌছায় (76 নং চিত্র)। এই কারণে কাচনলের নিমজ্জিত অংশ চক্‌চকে দেখায়।

***প্রশ্ন ৮। মরীচিকা কাহাকে বলে? সুন্দর নক্‌শার সাহায্যে মরীচিকার উৎপত্তি বর্ণনা কর।**

[What is a mirage? Describe, with a neat diagram the occurrence of a mirage.] [**H. S. (Comp), 1966**]

উঃ। মরুভূমিতে একপ্রকার দৃষ্টিভ্রম হয়। মনে হয় দূরের কোন গাছপালা কোন জলাশয় কর্তৃক প্রতিফলিত হইতেছে। অথচ কাছে গেলে কোন জলাশয়ের চিহ্ন দেখা যায় না। এই দৃষ্টিভ্রমকে মরীচিকা বলা হয়। দুইটি বিভিন্ন ঘনত্বের বায়ুস্তর কর্তৃক আলোকরশ্মির পূর্ণ প্রতিফলনের ফলে এই মরীচিকার উৎপত্তি হয়।

দিনের বেলাতে সূর্যের তাপে বালি উত্তপ্ত হইয়া উঠে এবং তৎসংলগ্ন বায়ুস্তরও উত্তপ্ত হইয়া আয়তনে বৃদ্ধি পায় এবং উহার ঘনত্ব কমিয়া যায়। যত উপরে ওঠা যাইবে তত বায়ুস্তরের তাপমাত্রা কম থাকিবে এবং ঘনত্ব বেশী হইবে। এখন, দূরের কোন বস্তু P—ধর কোন বৃক্ষশীর্ষ হইতে যে আলোকরশ্মি নীচের দিকে অগ্রসর হইবে তাহা নীচের কম ঘন বায়ুস্তরে প্রবেশ করিবামাত্র প্রতিসৃত হইয়া অভিলম্ব হইতে দূরে সরিয়া যাইবে। কাজেই প্রত্যেক বায়ুস্তর ভেদ করিবার সঙ্গে সঙ্গে আলোকরশ্মির

চিত্র নং 77

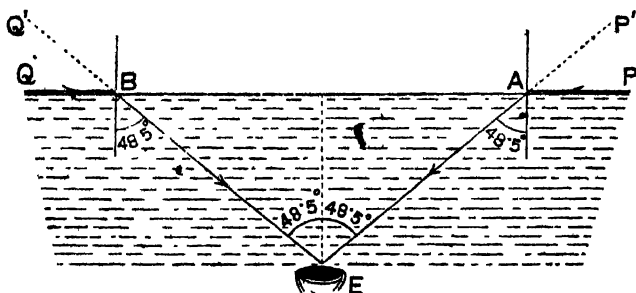
আপতন কোণ ক্রমশঃ বাড়িতে থাকিবে। অবশেষে এমন একটি বায়ুস্তরে আলোকরশ্মি পৌছাইবে—যেমন Q স্তর (77 নং চিত্র) যেখানে আপতন কোণ ঐ স্তর এবং নীচের স্তরের সংকট কোণ অপেক্ষা বেশী হইবে। তখন রশ্মির আভ্যন্তরীণ পূর্ণ প্রতিফলন হইবে এবং রশ্মি উপরের দিকে অগ্রসর হইবে। এই রশ্মি চোখে পৌছাইলে ঐ বিন্দুর একটি উল্টা প্রতিবিম্ব P′ দেখিতে পাওয়া যাইবে। বৃক্ষের অন্যান্য বিন্দু হইতে আলোকরশ্মির ঐরূপ প্রতিফলনের জন্য দর্শক বৃক্ষের একটি পূর্ণ প্রতিবিম্ব দেখিবে এবং তাহার মনে হইবে যেন জলাশয় কর্তৃক ঐরূপ উল্টা প্রতিবিম্ব তৈয়ারী হইয়াছে। এইভাবে মরুভূমিতে মরীচিকার সৃষ্টি হয়।

প্রশ্ন ৯। বায়ুসাপেক্ষে জলের সংকট কোণ 48.5° হইলে প্রমাণ কর যে কোন ডুবুরী জলে ডুব দিয়া জলের উপরিস্থ সকল বস্তুকেই 97° কোণের একটি শঙ্কুর মধ্যে অবস্থিত দেখিতে পাইবে।

[If the critical angle of water relative to air be 48.5° show that objects outside the water will appear to a diver to be confined within a cone of angle 97°]

[H. S. (Comp.), 1963]

উঃ। মনে কর, ডুবুরীর চোখ E অবস্থানে আছে [চিত্র 77 (a)]। এখন

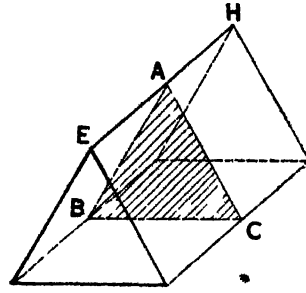
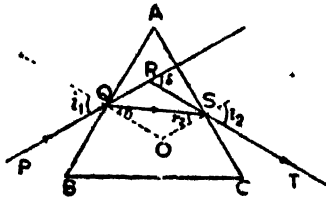
ঠিক জলতলের উপরের কোন বস্তু P হইতে আলোকরশ্মি 48·5° কোণে প্রতিসৃত হইয়া (কারণ জল ও বায়ুর সংকট কোণ 48·5°) চোখে পৌঁছাইবে। জলতলের আরো উপরের কোন বস্তু হইতে আলোকরশ্মি ক্ষুদ্রতর প্রতিসৃত কোণে প্রতিসৃত হইয়া চোখে পৌঁছাইবে। বিপরীত দিকে অনুরূপভাবে ঠিক জলতলের উপরিস্থ বস্তু Q হইতে আলোকরশ্মি 48·5° কোণে প্রতিসৃত হইয়া

চিত্র নং 77 (a)

চোখে পৌঁছাইবে। অর্থাৎ জলের উপরকার সকল বস্তুই E চোখে AEB শঙ্কুর মধ্যে অবস্থিত হইতে দেখা যাইবে। চিত্র হইতে সহজে বোঝা যায় যে ঐ শঙ্কুর কোণ 97° অর্থাৎ $\angle AEB = 48{\cdot}5 + 48{\cdot}5 = 97^\circ$.

প্রশ্ন ১০। প্রিজম কাহাকে বলে? কোন প্রিজমের ভিতর দিয়া আলোকরশ্মি গেলে উহার চ্যুতি-কোণ নির্ণয় কর।

[What is prism? Find the angle of deviation of a ray passing through a prism.]

উঃ। ত্রিকোণাকৃতি কোন নিরেট স্বচ্ছ বস্তুকে প্রিজম বলা হয়। EAHBC (78 নং চিত্র) একটি প্রিজম। প্রিজমকে প্রস্থে ছেদ করিলে ছিন্ন অংশের আকৃতি (চিত্র ABC) একটি ত্রিভুজের মত হয়। ইহাকে প্রিজমের প্রধান ছেদ বলা হয়।

ধর PQ আলোকরশ্মি একটি প্রিজমের প্রধান ছেদ ABC উপর গিয়া পড়িল (79 নং চিত্র)। প্রিজম না থাকিলে ইহা প্রতিসৃত না হইয়া সোজা PQR অভিমুখে চলিয়া যাইত। কিন্তু AB পার্শ্ব দিয়া কাচে প্রবেশ করিবার পর উহা QS অভিমুখে প্রতিসৃত হইবে। Q বিন্দুতে AB র উপর অভিলম্ব টানিলে QS রশ্মি অভিলম্বের দিকে বাঁকিয়া যাইবে। এই প্রতিসৃত রশ্মি S বিন্দুতে

চিত্র নং 78

পৌঁছিবার পর আর একবার প্রতিসৃত হইবে, কারণ ইহা এখন কাচ হইতে বায়ুতে প্রবেশ করিতেছে। বায়ু কাচ অপেক্ষা লঘুতর, অতএব আলোক-রশ্মি S বিন্দুতে AC-র উপর অঙ্কিত অভিলম্ব হইতে দূরে প্রতিসৃত হইয়া ST অভিমুখে গমন করিবে। আলোক-রশ্মির সমগ্র পথ PQST লক্ষ্য করিলে দেখা যাইবে যে উহা প্রিজমের ভূমি (base) BC-র দিকে বাঁকিয়া গিয়াছে। এখন, আপতিত রশ্মি PQ-র অভিমুখ ও নির্গম-রশ্মি (emergent ray) ST-র অভিমুখ পরস্পরের সহিত যে কোণ (δ) উৎপন্ন করে তাহাই চ্যুতি-কোণের পরিমাপ।

চিত্র নং 79

ধর, AB তলে রশ্মির আপতন কোণ ও প্রতিসৃত কোণ যথাক্রমে i_1 ও r_1 এবং AC তলে r_2 ও i_2.

জ্যামিতির নিয়মানুযায়ী, $\delta = \angle RQS + \angle RSQ$

$$= (i_1 - r_1) + (i_2 - r_2)$$

$$= i_1 + i_2 - (r_1 + r_2)$$

এখন, AQS ত্রিভুজের $\angle A + \angle AQS + \angle ASQ = 2rt.\angle^s$

আবার $\angle AQO+\angle ASO=2rt\angle^s$

কাজেই $\angle A=OQS+\angle OSQ=r_1+r_2$

$\therefore \quad \delta=i_1+i_2-A$

প্রশ্ন ১১। ন্যূনতম চ্যুতি-কোণ কাহাকে বলে? প্রিজমের প্রতিসারক কোণ, প্রতিসরাঙ্ক ও ন্যূনতম চ্যুতি কোণের পারস্পরিক সম্পর্ক নির্ণয় কর।

[What is angle of minimum deviation? Deduce the relation between the angle of the prism, its refractive index and the angle of minimum deviation.]

[H. S. Exam., 1964, '65, '66 (Comp.)]

উঃ। আমরা জানি চ্যুতিকোণ $\delta=i_1+i_2-A$. ইহা হইতে বোঝা যায় যে আপতন কোণ i_1-এ উপর চ্যুতিকোণ নির্ভর করে। পরীক্ষা করিয়া দেখা গিয়াছে যে খুব ক্ষুদ্র আপতন কোণ হইতে সুরু করিয়া যদি ক্রমশঃ আপতন কোণ বৃদ্ধি করা যায় তবে চ্যুতিকোণ ক্রমশঃ কমিতে থাকে। কিন্তু একটি নির্দিষ্ট আপতন কোণে পৌঁছাইলে তখন দেখা যায় যে আপতন কোণ আর বাড়াইলে চ্যুতিকোণ কমিতেছে না,—বরং বাড়িয়া যাইতেছে। চ্যুতি-কোণের ঐ সর্বনিম্ন মানকে ন্যূনতম চ্যুতিকোণ বলা হয়।

৮নং প্রশ্নের উত্তরে দেখা গিয়াছে যে,

$$\delta=i_1+i_2-A$$

$$\text{এবং} \quad A=r_1+r_2$$

চ্যুতি-কোণ ন্যূনতম (δ_m) হইলে প্রমাণ করা যায় যে $i_1=i_2$ এবং $r_1=r_2$. সুতরাং লেখা যাইতে পারে, $\delta_m=2i_1-A$

$$\text{or,} \quad i_1=\frac{\delta_m+A}{2}$$

$$\text{এবং} \quad A=2r_1 \quad \therefore \quad r_1=\frac{A}{2}$$

এখন, AB তলে প্রতিসরণ বিবেচনা করিলে, আপতন কোণ$=i_1$ এবং প্রতিসৃত কোণ$=r_1$ যদি প্রিজমের উপাদানের প্রতিসরাঙ্ক 'μ' বলা হয় তবে,

$$\mu=\frac{\sin i_1}{\sin r_1}=\frac{\sin \frac{\delta_m+A}{2}}{\sin \frac{A}{2}}$$

প্রশ্ন ১২। প্রিজম সংক্রান্ত নিম্নলিখিত রাশিগুলি সম্পর্কে কি জান?

(ক) প্রতিসারক ধার, (খ) প্রিজমের কোণ, (গ) চ্যুতিকোণ। সমকোণ সমদ্বিবাহু প্রিজম দর্পণের ন্যায় ব্যবহার করিতে পারে ইহা চিত্র সহযোগে ব্যাখ্যা কর। সাধারণ দর্পণের তুলনায় এই প্রিজম-দর্পণের সুবিধা কি?

[What do you understand by the following terms which relate to prism ?

(a) Refracting edge, (b) Angle of a prism, (c) Angle of deviation.

Show with the help of a diagram how a right-angled isosceles prism can act as a mirror. What is the advantage of this kind of mirror over the ordinary mirror ?]

[H. S. (Comp.), 1964]

উঃ (a) তিনটি আয়তাকার এবং দুটি ত্রিভুজাকার সমতল দ্বারা বেষ্টিত স্বচ্ছ প্রতিসারক মাধ্যমকে প্রিজম বলা হয় (চিত্র নং 78)। আয়তাকার তলগুলি পরস্পরের সহিত আনত। যে-রেখা বরাবর যে-কোন দুটি আয়তাকার তল পরস্পরের সঙ্গে মিশিয়াছে তাহাকে প্রতিসারক ধার বলা হয়। চিত্রে EH একটি প্রতিসারক ধার।

(b) যে-কোন দুটি প্রতিসারক তলের মধ্যে যে-কোণ থাকে তাহাকে প্রতিসারক কোণ বলা হয়। চিত্রে ∠CAB প্রতিসারক কোণ।

(c) ১০নং প্রশ্ন দ্রষ্টব্য।

শেষ অংশ : ১৩নং প্রশ্নের 'পূর্ণ প্রতিফলন প্রিজম' দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ১৩। 60° প্রতিসারক কোণবিশিষ্ট কোন কাচের প্রিজমের এক বাহুর উপর আলোকরশ্মি লম্বভাবে পড়িলে উহা কোন্ পথে প্রতিসৃত হইবে তাহা ছবি আঁকিয়া বুঝাইয়া দাও। কাচের সংকট কোণ 42°.

প্রিজমের কয়েকটি বিশেষ ব্যবহারের বিবরণ দাও।

[Trace the path of a ray falling normally upon a 60° prism of glass—the critical angle for glass being 42°. Consider only two faces for the prism.] **[H. S. Exam., 1960]**

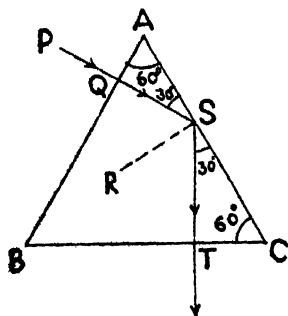
Describe some specific applications of prism.

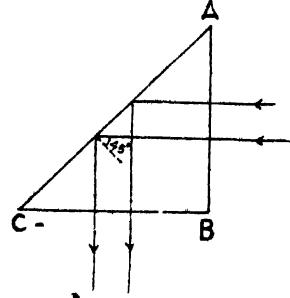
[cf. H. S. (Comp.), 1962]

উঃ। প্রিজমের ভিতর দিয়া রশ্মির পথ :

মনে কর ABC একটি 60° প্রতিসারক কোণবিশিষ্ট কাচের প্রিজম্ [চিত্র 79 (*a*)]। PQ একটি রশ্মি AB পৃষ্ঠে লম্বভাবে আপতিত হইল। সুতরাং উহা প্রতিসৃত না হইয়া সোজা প্রিজমের ভিতর প্রবেশ করিবে এবং S বিন্দুতে AC পৃষ্ঠে আপতিত হইবে। এখন AQS ত্রিভুজের ∠QAS = 60° এবং ∠AQS = 90°; সুতরাং ∠ASQ = 30°. অর্থাৎ QS রশ্মিটি AC পৃষ্ঠে যে আপতন কোণ করিতেছে (∠QSR) তাহা 60° এবং উহা কাচের সংকট কোণ 42° অপেক্ষা বেশী। উপরন্তু রশ্মিটি ঘনতর মাধ্যম দিয়া যাইতেছে। ফলে AC তলে আলোকরশ্মির পূর্ণ প্রতিফলন হইবে। আলোকরশ্মিটি প্রতিফলিত হইলে প্রতিফলনের সূত্রানুযায়ী ∠CST = 30°;

চিত্র নং 79 (a)

আবার ∠SCT = 60° সুতরাং ∠CTS = 90° অর্থাৎ প্রতিফলিত হইয়া ST রশ্মি BC পৃষ্ঠে লম্বভাবে আপতিত হইবে। সুতরাং আর প্রতিসৃত না হইয়া রশ্মিটি সোজা প্রিজম হইতে নির্গত হইবে। কাজেই, PQST ইহাই হইবে সমগ্র গতিপথ।

প্রিজমের বিশেষ ব্যবহার :

(i) **পূর্ণ প্রতিফলন প্রিজম :** ABC একটি সমদ্বিবাহু সমকোণী (right-angled isosceles) কাচের প্রিজম। একগুচ্ছ সমান্তরাল রশ্মি লম্বভাবে AB তলে আপতিত হইলে রশ্মিগুলি সোজা প্রিজমের ভিতর প্রবেশ করিবে এবং AC তলে আপতিত হইবে (চিত্র 79 *b*)। ঐ স্থলে রশ্মির আপতন কোণ 45°, কিন্তু কাচ ও বায়ুর সংকট কোণ প্রায় 41°45′. সুতরাং রশ্মিগুলি কাচ হইতে বায়ুতে প্রবেশ করিবার সময় সংকট কোণ অপেক্ষা

চিত্র নং 79 (*b*)

বেশী কোণে আপতিত হইতেছে। এই অবস্থায় রশ্মিগুলির আভ্যন্তরীণ পূর্ণ প্রতিফলন হইবে এবং BC তলে লম্বভাবে আপতিত হইয়া দিক্-পরিবর্তন না করিয়া বায়ুতে নির্গত হইবে। অতএব দেখা যাইতেছে যে আপতিত সমান্তরাল রশ্মিগুলি মোট 90° ঘুরিয়া পুনরায় সমান্তরালভাবে নির্গত হইতেছে। এই ধরনের প্রিজমকে পূর্ণ প্রতিফলন প্রিজম বলে।

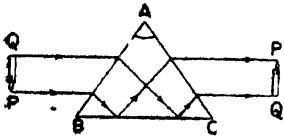
পূর্ণ প্রতিফলন প্রিজমের কার্যপ্রণালীর সহিত সমতল দর্পণের কার্য-প্রণালীর অবিকল মিল আছে। কারণ, যদি মনে করা যায় যে ABC প্রিজমের পরিবর্তে AC একটি সমতল দর্পণ তবে উপরোক্ত সমান্তরাল রশ্মি-গুচ্ছ ঠিক পূর্বের মতনই প্রতিফলিত হইবে। এই কারণে অনেক আলোকীয় যন্ত্রে রশ্মির প্রতিফলনের জন্য সমতল দর্পণের পরিবর্তে পূর্ণ প্রতিফলন প্রিজম ব্যবহার করা হয় কারণ ঐ প্রিজমের কতগুলি সুবিধা আছে। সুবিধাগুলি নিম্নরূপ :

(ক) সমতল দর্পণে সম্মুখের ও পিছনের দুইটি তলে আলোর প্রতিফলন ও প্রতিসরণ হইবার ফলে প্রতিবিম্ব খুব উজ্জ্বল হয় না এবং একের অধিক প্রতিবিম্ব গঠিত হইয়া বিভ্রান্তির সৃষ্টি করে। পূর্ণ প্রতিফলন প্রিজমে রশ্মির পূর্ণ প্রতিফলন হয় বলিয়া একটি প্রতিবিম্ব গঠিত হয় এবং উহা খুব উজ্জ্বল হয়।

(খ) সমতল দর্পণে পারদের প্রলেপ থাকে। ঐ প্রলেপ নষ্ট হইয়া গেলে প্রতিবিম্ব অস্পষ্ট হয়। পূর্ণ প্রতিফলন প্রিজমে ঐরূপ কোন প্রলেপ না থাকায় প্রতিবিম্ব সর্বদা স্পষ্ট থাকে।

(গ) সমতল দর্পণে বিক্ষেপণ (scattering) দ্বারা কিছু আলোক নষ্ট হয়। কিন্তু প্রিজমে উহা হয় না।

(ii) **প্রতিবিম্ব সমশীর্ষ করিবার প্রিজম** (Erecting prism) :

এই প্রিজমের সাহায্যে কোন অবশীর্ষ প্রতিবিম্বকে সমশীর্ষ করা যায়। ইহা আর কিছুই নয়—পূর্বোক্ত সমদ্বিবাহু সমকোণী প্রিজম। ABC হইল প্রিজম (চিত্র 79 *c*)। মনে কর, QP একটি মোমবাতির অবশীর্ষ প্রতিবিম্ব। উহা হইতে আলোকরশ্মি প্রিজমের অভ্যন্তরে প্রতিসৃত হইয়া BC তলে আপতিত হইলে আপতন কোণ সংকট কোণ অপেক্ষা বেশী হইবে। ফলে রশ্মির পূর্ণ প্রতিফলন হইবে। রশ্মিগুলি যখন প্রিজম হইতে নির্গত হইবে তখন উহাদের দিক্-বিচ্যুতি হইবে না কিন্তু অবস্থান উল্টাইয়া যাইবে। (ছবি 79*c*) দেখ। ফলে PQ প্রতিবিম্ব সমশীর্ষ দেখা যাইবে।

চিত্র 79 (*c*)

দূরবীক্ষণ, বাইনোকুলার, পেরিস্কোপ প্রভৃতি নানাপ্রকার আলোকীয় যন্ত্রে উপরোক্ত প্রিজম ব্যবহার করিয়া অবশীর্ষ প্রতিবিম্বকে সমশীর্ষ করা হয়।

অঙ্ক

1. বায়ুসাপেক্ষে জলের প্রতিসরাঙ্ক 1·33 এবং বায়ুসাপেক্ষে কোন তেলের প্রতিসরাঙ্ক 1·66 ; জলসাপেক্ষে ঐ তেলের এবং তেলসাপেক্ষে জলের প্রতিসরাঙ্ক কত ?

[Refractive index of water with respect to air is 1·33 and that of an oil with respect to air is 1·66. What are the refractive indices of oil with respect to water and of water with respect to the oil ?]

উঃ। আমরা জানি, water μ oil$=\frac{\text{তেলের প্রতিসরাঙ্ক}}{\text{জলের} \quad ,,}=\frac{1{\cdot}66}{1{\cdot}33}=1{\cdot}24$

আবার, oil μ water$=\frac{1}{\text{water } \mu \text{ oil}}=\frac{1}{1{\cdot}24}=0{\cdot}801$.

2. কিছু পরিমাণ তরলের প্রকৃত উচ্চতা 20 cm; কিন্তু উপর হইতে সোজাসুজি তাকাইলে মনে হয় 13·5 cm. গভীর। তরলের প্রতিসরাঙ্ক কত?

[A certain quantity of a liquid has depth 20 cm. But when viewed directly from above, it appears to be 13·5 cm. deep. What is the refractive index of the liquid ?]

উঃ। আমরা জানি প্রতিসরাঙ্ক $\mu=\frac{\text{প্রকৃত উচ্চতা}}{\text{আপাত উচ্চতা}}=\frac{20}{13{\cdot}5}=1{\cdot}48$.

3. একটি জলাশয়ের আপাত গভীরতা 5 ft. হইলে প্রকৃত গভীরতা কত? জলের প্রতিসরাঙ্ক $\frac{4}{3}$.

[The apparent depth of a tank full of water, is 5 ft. What is its real depth ? Refractive index of water is $\frac{4}{3}$.]

উঃ। আমরা জানি, প্রতিসরাঙ্ক $\mu=\frac{\text{প্রকৃত গভীরতা}}{\text{আপাত গভীরতা}}$

$$\text{সুতরাং } \frac{4}{3}=\frac{\text{প্রকৃত গভীরতা}}{5}$$

$$\therefore \text{ প্রকৃত গভীরতা}=\frac{20}{3}=6 \text{ ft. } 8 \text{ inches.}$$

4. 4 cm. উচ্চ একটি কাচফলকের নীচে একখানি ছবি আটকানো আছে। সোজাসুজি দেখিলে ছবিটি কতখানি উঠিয়া আসিয়াছে বলিয়া মনে হইবে? কাচের প্রতিসরাঙ্ক 1·6.

[A picture is stuck at the bottom of a rectangular block of glass 4 cm. high. How far will it appear to be raised when viewed perpendicularly ? R. I. of glass = 1·6]

উঃ। আমরা জানি, $\mu=\frac{\text{প্রকৃত উচ্চতা}}{\text{আপাত} \quad ,,}$.

$$\text{এখানে, } 1{\cdot}6=\frac{4}{\text{আপাত উচ্চতা}}$$

$\therefore$ আপাত উচ্চতা $= 2.5$ cm.

কাজেই ছবিটি যতখানি উঠিবে তাহা $= 4 - 2.5 = 1.5$ cm.

5. বায়ুর তুলনায় কোন তরলের সংকট কোণ 45° হইলে ঐ তরলের প্রতিসরাঙ্ক কত ?

[If the critical angle of a liquid with respect to air be 45°, what is the R. I. of the liquid ?]

উঃ। সংকট কোণ θ এবং ঘনতর মাধ্যমের প্রতিসরাঙ্ক μ হইলে, আমরা জানি,

$$\frac{1}{\mu} = \sin\theta = \sin 45° = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

$$\therefore \mu = \sqrt{2} = 1.414.$$

6. একটি কাচের প্রিজমের প্রতিসারক কোণ 45°4′ এবং উহার ভিতর দিয়া আলোকরশ্মির ন্যূনতম চ্যুতিকোণ 26°40′. কাচের প্রতিসরাঙ্ক নির্ণয় কর। (sin 35°52′ = 0·586 ; sin 22°32′ = 0·383)

[The refracting angle of a glass prism is 45°4′ and the minimum deviation of a ray through it is 26°40′. Calculate the R. I. of glass. sin 35°52′ = 0·586 ; sin 22°32′ = 0 383]

উঃ। আমরা জানি, $$\mu = \frac{\sin\frac{\delta_m + A}{2}}{\sin\frac{A}{2}}$$

এস্থলে, $\delta_m = 26°40'$ এবং $A = 45°4'$. কাজেই,

$$\mu = \frac{\sin\frac{26°40' + 45°4'}{2}}{\sin\frac{45°4'}{2}} = \frac{\sin 35°52'}{\sin 22°32'} = \frac{0.586}{0.383} = 1.53$$

7. কোন প্রিজমের উপাদানের প্রতিসরাঙ্ক $\sqrt{\frac{3}{2}}$ এবং প্রতিসারক কোণ 90° হইলে, উহার মধ্য দিয়া আলোকরশ্মির ন্যূনতম চ্যুতি কোণ কত হইবে ?

[The refractive index of the material of a prism is $\sqrt{\frac{3}{2}}$ and its refracting angle is 90°. What will be the angle of minimum deviation of a ray through the prism ?]

উঃ। আমরা জানি, $$\mu = \frac{\sin\frac{\delta_m + A}{2}}{\sin A/2}$$

$$\text{অথবা}\ \sqrt{\tfrac{3}{2}}=\frac{\sin\frac{\delta_m+90^\circ}{2}}{\sin\frac{90^\circ}{2}}=\frac{\sin\frac{\delta_m+90^\circ}{2}}{\sin 45^\circ}=\frac{\sin\frac{\delta_m+90^\circ}{2}}{\frac{1}{\sqrt{2}}}$$

$$\text{or,}\ \sin\frac{\delta_m+90^\circ}{2}=\sqrt{\frac{3}{2}}\times\frac{1}{\sqrt{2}}=\frac{\sqrt{3}}{2}=\sin 60^\circ$$

$$\therefore\ \frac{\delta_m+90^\circ}{2}=60^\circ\quad\text{or,}\quad \delta_m=120-90=30^\circ$$

অনুশীলনী

1. বায়ুসাপেক্ষ জলের প্রতিসরাঙ্ক $\frac{4}{3}$ এবং বায়ুসাপেক্ষ কাচের প্রতিসরাঙ্ক $\frac{3}{2}$, কাচসাপেক্ষ জলের প্রতিসরাঙ্ক নির্ণয় কর।

[The refractive index from air to water is $\frac{4}{3}$ and from air to glass it is $\frac{3}{2}$. Find the refractive index from glass to water.]

[H. S. (Comp.), 1965] [উঃ 0·88]

2. 2 cm. পুরু এবং 1·5 প্রতিসরাঙ্কযুক্ত একটি কাচের ব্লককে কাগজের উপর অঙ্কিত একটি কালির চিহ্নের উপর রাখা হইল। উপর হইতে লম্বভাবে দৃষ্টিপাত করিলে চিহ্নটি ব্লকের উপরতল হইতে কতটা নীচে আছে বলিয়া মনে হইবে ?

[A plane glass slab of thickness 2 cm. and refractive index 1·5 is placed on an ink mark in a piece of paper. At what depth below the top of the slab will the mark appear to be when seen normally from above ?]

[H. S. (Comp.), 1965] [উঃ 1·33 cm.]

3. একটি কাচের ফলকের প্রকৃত ও আপাত উচ্চতা যথাক্রমে 6·5 cm. এবং 4·5 cm. হইলে কাচের প্রতিসরাঙ্ক কত ? যদি উহা 2·5 cm. উচ্চ হইত তবে উহার নীচে রক্ষিত কোন ছবি কতটা উঠিয়া থাকিত ?

[The real and apparent depth of a glass block are 6·5 cm. and 4·5 cm. respectively. What is the R. I. of glass ? If it were 2·5 cm. high, how far would have a picture stuck at it bottom appeared to be raised ?] [উঃ 1·44 ; 0·76 cm.]

4. একটি জলপূর্ণ চৌবাচ্চা 12 ft. গভীর। জলের প্রতিসরাঙ্ক $\frac{4}{3}$ হইলে চৌবাচ্চার আপাত গভীরতা কত ?

[A tank, full of water is 12 ft. deep. If the R. I. of water is $\frac{4}{3}$, what will be the apparent depth of the tank ?] [উঃ 9 ft.]

5. 1 ইঞ্চি পুরু একটি কাচফলকের নীচে একখানি কাগজে একটি চিহ্ন দেওয়া হইল। সোজাসুজি দেখিলে মনে হয় ফলকের উপরতল হইতে চিহ্নটি 0·64 ইঞ্চি তলায়। কাচের প্রতিসরাঙ্ক কত ?

[A mark is given at the bottom of a glass block 1 inch thick. When viewed perpendicularly from above, it appears to be 0·64 inch from the upper surface of the block. What is the R. I. of glass ?] [উঃ 1·57]

6. একটি কাচের প্লেটের মধ্যে অবস্থিত কোন দাগের প্রতি সোজাসুজি তাকাইলে মনে হয় উহা 2 mm. দূরে। প্রকৃতপক্ষে উহা কত দূরে ? কাচের প্রতিসরাঙ্ক $\frac{3}{2}$.

[A mark in a glass plate appears to be 2 mm. from the upper surface when viewed perpendicularly from the top. How far is it actually ? R. I. of glass is $\frac{3}{2}$.] [উঃ 3 mm.]

7. 1·5 প্রতিসরাঙ্কযুক্ত একটি কাচের ফলকের তলায় অবস্থিত কোন চিহ্ন কতটা উঠিয়া থাকিবে বলিয়া মনে হইবে ?

[How far a mark in a glass block appears to be raised if glass has R. I. 1·5 ?] [উঃ $\frac{t}{3}$, t = ফলকের উচ্চতা]

8. একটি কাচের ব্লকের উচ্চতা 10 cm. এবং প্রতিসরাঙ্ক 1·5. ব্লকের তলায় রক্ষিত কোন চিহ্নের আপাত সরণ নির্ণয় কর।

[A glass block is 10 cm. high and its R. I. is 1·5. What will be the displacement of a dot given at the bottom of the block ?] [উঃ 3·33 cm.]

9. একটি কাচফলকের উপরতল হইতে 3 ইঞ্চি নীচে একটি ছোট বুদ্বুদ্ আছে। ফলকের উপরতল হইতে 8 ইঞ্চি দূরে চোখ রাখিয়া সোজাসুজি তাকাইলে বুদ্বুদটি কত দূরে দেখা যাইবে ? কাচের প্রতিসরাঙ্ক = $\frac{3}{2}$] [উঃ 10 inches]

[There is an air-bubble 3 inches below the upper surface of a glass block. If eye be placed 8 inches above the upper surface, to view the bubble directly, what will be the position of the bubble as seen by the eye ? R. I. of glass=$\frac{3}{2}$] [উঃ 10 inches]

10. কাচ ও বায়ুর ভিতর সংকট কোণ 41° হইলে কাচের প্রতিসরাঙ্ক কত ?

[$\sin 41° = 0.6561$]

[If the critical angle between glass and air be 41°, what will be the R. I. of glass ?] [উঃ 1·52]

11. বেন্‌জিনের প্রতিসরাঙ্ক 1·5 হইলে বায়ুর তুলনায় উহার সংকট কোণ কত হইবে ?

[If R. I. of benzene is 1·5, what will be its critical angle with respect to air ?] [উঃ 41·8°]

12. একটি স্থির জলাশয়ের d গভীরতায় একটি মাছ আছে। প্রমাণ কর যে মাছের চোখে জলতল একটি গোল ছিদ্রযুক্ত আয়নার ন্যায় প্রতিভাত হইবে এবং ঐ ছিদ্রের ব্যাসার্ধ হইবে $d/\sqrt{\mu^2-1}$, জলের প্রতিসরাঙ্ক$=\mu$.

[A fish is at a depth of 'd' in a still pond. Prove that the free surface of the pond will appear to the eye of the fish like a plane mirror with a circular hole and that the radius of the hole is $d/\sqrt{\mu^2-1}$. R. I. of water$=\mu$.]

13. একটি প্রিজমের প্রতিসারক কোণ 60° এবং উহার ভিতর দিয়া আলোকরশ্মির ন্যূনতম চ্যুতি-কোণ 40°. প্রিজমের প্রতিসরাঙ্ক কত ? [$\sin 50° = 0.766$]

[The refracting angle of a prism is 60° and the angle of minimum deviation of a ray through it is 40°. Calcutate the R. I. of the prism.] [উঃ 1·53]

14. কোন প্রিজমের প্রতিসারক কোণ 60° এবং উপাদানের প্রতিসরাঙ্ক $\sqrt{2}$. প্রমাণ কর ঐ প্রিজমে ন্যূনতম চ্যুতিকোণ 30° হইবে।

[The refracting angle of a prism is 60° and the R. I. of its material is $\sqrt{2}$. Prove that the minimum deviation angle will be 30°.]

15. একটি সমবাহু (equilateral) ত্রিভুজের উপাদানের প্রতিসরাঙ্ক 1·5. উহার কোন পৃষ্ঠে 74·7° কোণ করিয়া একটি রশ্মি আপতিত হইলে রশ্মির চ্যুতি-কোণ নির্ণয় কর। [sin 74·7°=0·9646 ; sin 40°=0·6431 ; sin 20°=0·342 ; sin 30·87°=0·5130]

[The R. I. of the material of an equilateral prism is 1·5. If a ray be incident on one of its surfaces with an angle of incidence 74·7°, find the deviation of the ray when it comes out. sin 74·7°=0 9646 ; sin 40°=0 6431 ; sin 20°=0·342 : sin 30 87°=0·5130] [উ: 45·57°]

16. 60° প্রতিসারক কোণসম্পন্ন একটি প্রিজমের প্রতিসরাঙ্ক 1·5 হইলে ন্যূনতম চ্যুতি-কোণ কত হইবে ? [sin 48°36′=0 75]

[What will be the minimum deviation of a ray through a prism of 60° refracting angle and having R. I. 1·5 ; sin 48°36′=0·75] [উ: 37°12′]

17. 60° প্রতিসারক কোণসম্পন্ন একটি প্রিজমের প্রতিসরাঙ্ক 1·61 হইলে ন্যূনতম চ্যুতি-কোণ কত হইবে ? [sin 53°36′=0·805]

[What will be the minimum deviation of a ray through a prism of 60° refracting angle and refractive index 1·61. [sin 53°36′=0 805] [H. S (Comp.) 1965] [উ: 47°12′]

চতুর্থ পরিচ্ছেদ

লেন্স ও আলোকের বিচ্ছুরণ

প্রশ্ন ১। লেন্স কাহাকে বলে? উত্তল ও অবতল লেন্সের ভিতর তফাত কি? চিত্রদ্বারা বুঝাইয়া দাও কেন উহাদের যথাক্রমে অভিসারী ও অপসারী লেন্স বলে।

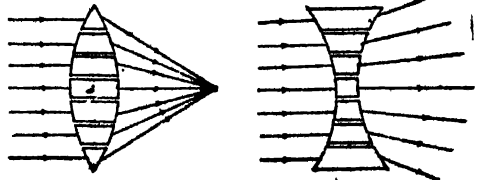
[What is a lens? What is the distinction between convex and concave lenses? Explain, with diagrams, why the former are sometimes called converging and the latter diverging lenses.] [ct. **H. S Exam, 1964**]

উঃ। কোন স্বচ্ছ প্রতিসারক মাধ্যমকে যদি দুইটি গোলীয় (spherical) অথবা একটি গোলীয় ও একটি সমতল তল দ্বারা সীমাবদ্ধ করা যায় তবে সেই মাধ্যমকে লেন্স বলে।

উত্তল ও অবতল লেন্সের তফাত:

(i) উত্তল লেন্সের মধ্যস্থল মোটা এবং প্রান্তের দিকটা সরু; অবতল লেন্সের মধ্যস্থল সরু এবং প্রান্তের দিকটা মোটা।

(ii) কোন সমান্তরাল রশ্মিগুচ্ছ উত্তল লেন্স দ্বারা প্রতিসৃত হইলে অভিসারী (converging) রশ্মিগুচ্ছে পরিণত হয় কিন্তু অবতল লেন্স দ্বারা প্রতিসৃত হইলে অপসারী (diverging) রশ্মিগুচ্ছে পরিণত হয়।

কোন উত্তল বা অবতল লেন্সকে ছোট ছোট প্রিজমের সমষ্টি বলিয়া মনে করা যাইতে পারে [80 (*a*) এবং (*b*)]। উত্তল লেন্সের বেলাতে এই প্রিজমগুলির ভূমি লেন্সের কেন্দ্রের দিকে অভিমুখী এবং অবতল লেন্সের বেলাতে উল্টা—অর্থাৎ প্রিজমগুলির ভূমি প্রান্তের দিকে অভিমুখী। আমরা

(*a*) চিত্র নং 80 (*b*)

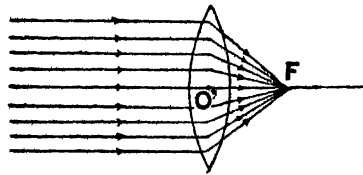
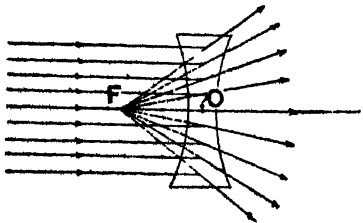
জানি যে আলোকরশ্মি প্রিজম কর্তৃক প্রতিসৃত হইয়া প্রিজমের ভূমির দিকে বাঁকিয়া যায়। সুতরাং যদি একগুচ্ছ সমান্তরাল রশ্মি ঐ লেন্স দুইটির উপর পৃথগ্‌ভাবে আপতিত হয় তবে ছোট ছোট প্রিজম দ্বারা প্রতিসৃত হইয়া

রশ্মিগুলি উত্তল লেন্সের প্রধান অক্ষের উপর অবস্থিত এক বিন্দুতে কেন্দ্রীভূত হইবে—অর্থাৎ রশ্মিগুলি অভিসারী রশ্মিগুচ্ছে পরিণত হইবে—আর অবতল লেন্সের বেলাতে অপসারী রশ্মিগুচ্ছে পরিণত হইয়া প্রধান অক্ষস্থিত কোন বিন্দু হইতে অপসৃত হইতেছে বলিয়া মনে হইবে। এই কারণে উত্তল লেন্সকে অভিসারী এবং অবতল লেন্সকে অপসারী লেন্স বলা হয়।

****প্রশ্ন ২। লেন্স-সংক্রান্ত নিম্নলিখিত রাশিগুলির সংজ্ঞা বুঝাইয়া লেখ:** (ক) **আলোক-কেন্দ্র** (optical centre); (খ) **ফোকাস** (focus); (গ) **ফোকাস-দূরত্ব** (focal length)। **পরিষ্কার ছবি আঁকিয়া বুঝাইয়া দাও কিরূপে উত্তল লেন্স সদ্-বিম্ব ও অবতল লেন্স অসদ্-বিম্ব গঠন করে।**

[Explain with diagrams, how a convex lens produces real image and a concave lens virtual image.]

[cf. **H. S. (Comp.), 1960**]

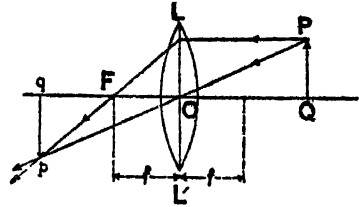
উঃ। (ক) **আলোক-কেন্দ্র:** যদি কোন আলোকরশ্মি লেন্সের এক তলে আপতিত হইয়া প্রতিসরণের পর অন্য তল দিয়া আপতিত রশ্মির সমান্তরালভাবে নির্গত হয় তবে লেন্সের মধ্যে ইহার পথ প্রধান অক্ষের উপর একটি নির্দিষ্ট বিন্দুর ভিতর দিয়া যইবে। ঐ নির্দিষ্ট বিন্দুকে আলোক-কেন্দ্র বলে। সাধারণত:উভোত্তল(bi-convex) বা উভাবতল (bi-concave) লেন্সের উভয় তল হইতে সম-দূরবর্তী বিন্দুকে আলোক-কেন্দ্র বলা যাইতে পারে।

চিত্র নং 81

(খ) **ফোকাস:** কোন লেন্সের প্রধান অক্ষের সমান্তরাল একগুচ্ছ রশ্মি উত্তল বা অবতল লেন্সে আপতিত হইলে প্রতিসৃত হইবার পর প্রথম ক্ষেত্রে উহারা অক্ষস্থিত কোন বিন্দুতে

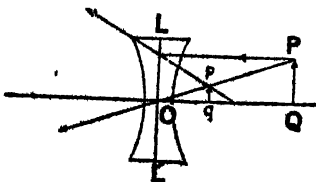
মিলিত হয় [81 (*a*) নং চিত্র] এবং দ্বিতীয় ক্ষেত্রে অক্ষের উপর অবস্থিত কোন বিন্দু হইতে অপসৃত হইতেছে বলিয়া মনে হয় [81 (*b*) নং চিত্র]। ঐ বিন্দুকে ঐ লেন্সের ফোকাস বলা হয়।

(গ) **ফোকাস দূরত্ব :** লেন্সের আলোক-কেন্দ্র হইতে প্রধান অক্ষ বরাবর ফোকাস পর্যন্ত দূরত্বকে ফোকাস দূরত্ব বলে। 81 নং চিত্রে OF ফোকাস-দূরত্ব।

উত্তল লেন্স কর্তৃক সদ্-বিম্ব গঠন :

82 নং চিত্রে PQ একটি বস্তু, LOL উত্তল লেন্স, F লেন্সের ফোকাস, O আলোক-কেন্দ্র ও FOQ প্রধান অক্ষ। বস্তু লেন্স হইতে লেন্সের ফোকাস-দূরত্ব অপেক্ষা বেশী দূরে অবস্থিত (82 নং চিত্র)। P-বিন্দু হইতে একটি রশ্মি PO লেন্সের আলোক-কেন্দ্রের মধ্য দিয়া গিয়াছে ; ইহার কোন দিক্-পরিবর্তন হইবে না। আর একটি রশ্মি PL প্রধান অক্ষের সমান্তরাল গিয়া প্রতিসরণের পর

চিত্র নং 82

ফোকাসের মধ্য দিয়া LF অভিমুখে গিয়াছে। এই দুই প্রতিসৃত রশ্মি *p* বিন্দুতে মিলিত হইয়াছে। সুতরাং *p* বিন্দু P-এর সদ্-বিম্ব। প্রধান অক্ষের উপর *pq* লম্ব টানিলে PQ এর সম্পূর্ণ প্রতিবিম্ব পাওয়া যাইবে।

অবতল লেন্স কর্তৃক অসদ্-বিম্ব গঠন :

চিত্র নং 83

83 নং চিত্রে PQ বস্তু, LOL' অবতল লেন্স। বস্তুর P বিন্দু হইতে একটি রশ্মি PO আলোক-কেন্দ্রের মধ্য দিয়া সোজাসুজি নির্গত হইয়াছে। অপর একটি রশ্মি PL অক্ষের সমান্তরালভাবে গিয়া লেন্স কর্তৃক এমনভাবে প্রতিসৃত হইয়াছে যে রশ্মিটিকে পিছনের দিকে প্রসারিত করিলে

ফোকাস-বিন্দুর মধ্য দিয়া যায়। এই প্রতিসৃত রশ্মিদ্বয় কোথাও মিলিত হয় না ; কিন্তু মনে হয় যেন p বিন্দু হইতে উহারা অপসৃত হইতেছে। সুতরাং p বিন্দু হইবে P-এর অসদ্-বিম্ব। প্রধান অক্ষের উপর pq লম্ব টানিলে উহাই হইবে PQ-এর সম্পূর্ণ অসদ্-বিম্ব।

প্রশ্ন ৩। একটি অভিসারী লেন্সের 'ফোকাস-দৈর্ঘ্যের' সংজ্ঞা লেখ।

একটি অভিসারী লেন্সের উপর লম্বভাবে স্থাপিত কোন রৈখিক বস্তুর সদ্ প্রতিবিম্ব ঐ লেন্স কিরূপে গঠন করে তাহা ছবি আঁকিয়া বুঝাও।

[Define 'focal length' of a convergent lens.

Draw a neat diagram to show how a convergent lens forms a real image of a linear object placed perpendicular to the axis of the lens.] **[H. S. Exam., 1960. cf. '61]**

উঃ। ২নং প্রশ্নের উত্তর দ্রষ্টব্য।

**** প্রশ্ন ৪। নিম্নলিখিত প্রতিবিম্বগুলি পাইতে গেলে কি লেন্স ব্যবহার করিবে এবং বস্তু কোথায় রাখিবে বল :**

(i) **বিবর্ধিত সদ্ প্রতিবিম্ব** (magnified real image)

(ii) **বিবর্ধিত অসদ্ প্রতিবিম্ব** (magnified virtual image)

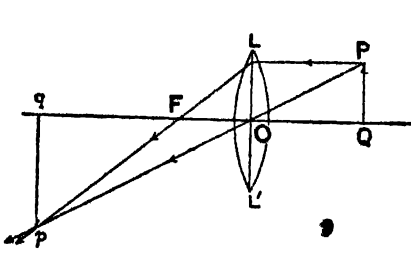
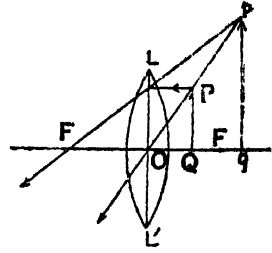
(iii) **ক্ষুদ্রতর সদ্ প্রতিবিম্ব** (diminished real image)

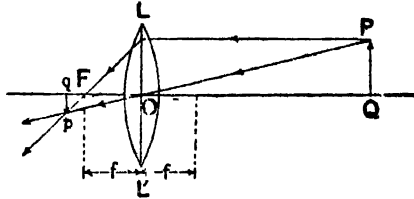
(iv) **ক্ষুদ্রতর অসদ্ প্রতিবিম্ব** (diminished virtual image)

(v) **সমান আকারের সদ্ প্রতিবিম্ব** (real image of same size)।

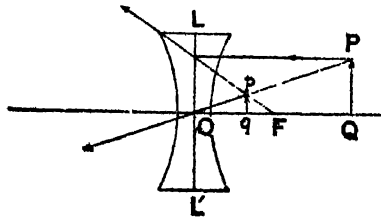
প্রতি ক্ষেত্রে পরিষ্কার ছবি আঁক (Draw neat diagram in each case.)

উঃ। (i) বিবর্ধিত সদ্ প্রতিবিম্ব পাইতে গেলে উত্তল লেন্স ব্যবহার করিতে হইবে এবং বস্তুকে লেন্স হইতে f এবং 2f-এর মাঝে যে-কোন স্থানে রাখিতে হইবে। 84 নং চিত্রে এই প্রতিবিম্ব গঠন দেখানো হইয়াছে।

(ii) বিবর্ধিত অসদ্ প্রতিবিম্ব পাইতে গেলে উত্তল লেন্স ব্যবহার করিতে হইবে এবং বস্তুকে লেন্সের ফোকাস দূরত্বের মধ্যে যে-কোন স্থানে রাখিতে হইবে। 85নং চিত্রে এই প্রতিবিম্ব গঠন দেখানো হইয়াছে।

চিত্র নং 84 চিত্র নং 85

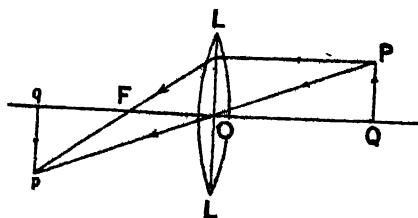
(iii) এক্ষেত্রেও উত্তল লেন্স ব্যবহার করিতে হইবে এবং বস্তুকে লেন্স

চিত্র নং 86

হইতে 2fএর বেশী দূরে কোথাও রাখিতে হইবে। 86 নং চিত্রে এই প্রতিবিম্ব গঠন দেখানো হইল। [f = লেন্সের ফোকাস-দূরত্ব]।

(iv) ক্ষুদ্রতর অসদ্ প্রতিবিম্ব পাইতে গেলে অবতল লেন্স প্রয়োজন এবং

চিত্র নং 87

বস্তুকে লেন্সের সম্মুখে যে-কোন স্থানে রাখিলেই হইবে। 87 নং চিত্রে এই প্রতিবিম্ব গঠন দেখানো হইয়াছে।

(v) বস্তুর সমান আকারের সদ্‌-বিম্ব তৈয়ারী করিতে হইলে উত্তল লেন্স

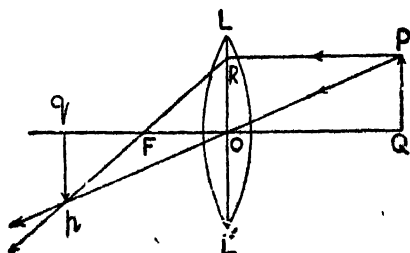
চিত্র নং 88

প্রয়োজন এবং বস্তুকে লেন্স হইতে ঠিক 2f দূরে রাখিতে হইবে। 88 নং চিত্রে ইহার রেখাঙ্কন দেখানো হইয়াছে।

প্রশ্ন ৫। কোন লেন্সের ফোকাস-দূরত্বের সহিত বস্তু-দূরত্ব ও প্রতিবিম্ব দূরত্বের সম্পর্ক নির্ণয় কর।

[Deduce a relation between the objeet distance, the image distance and the focal length of a lens.

[H. S. Exam., 1960, '65 (Comp.)]

উঃ। (ক) উত্তল লেন্স ও সদ্‌বিম্ব :

চিত্র 88 (*a*) দেখ। LOL' একটি সরু ও ছোট উত্তল লেন্স। PQ লেন্সের সম্মুখে প্রধান অক্ষের উপর লম্বভাবে অবস্থিত একটি বস্তু। ২নং

চিত্র নং 88 (*a*)

প্রশ্নে প্রতিবিম্ব অঙ্কন করিবার যে-পদ্ধতি বর্ণনা করা হইয়াছে সেই অনুযায়ী প্রতিবিম্ব *pq* অঙ্কিত করা হইয়াছে। ইহা সদ্‌ ও উল্টা প্রতিবিম্ব।

এখন, pqF এবং RFO ত্রিভুজ দুইটি সদৃশ। কাজেই,

$$\frac{pq}{Fq}=\frac{RO}{OF}=\frac{QP}{OF}\ [\because PQ=RO]$$

$$\therefore\ \frac{pq}{PQ}=\frac{Fq}{OF}\cdots(i)$$

আবার, qpO এবং QPO ত্রিভুজ দুইটিও সদৃশ। সুতরাং

$$\frac{pq}{Oq}=\frac{PQ}{OQ}$$

$$\therefore\ \frac{pq}{PQ}=\frac{Oq}{OQ}\ \cdots(ii)$$

(i) এবং (ii) সমীকরণ দুইটি তুলনা করিলে লেখা যাইতে পারে যে,

$$\frac{Fq}{OF}=\frac{Oq}{OQ}$$

অথবা, $$\frac{Oq-OF}{OF}=\frac{Oq}{OQ}\quad\cdots(iii)$$

88 (a) নং চিত্রানুযায়ী বস্তু-দূরত্ব→$OQ=+u$

প্রতিবিম্ব-দূরত্ব – $Oq=-v$

ফোকাস-দূরত্ব→$OF=-f$

(iii) নং সমীকরণে ইহা বসাইলে আমরা পাই,

$$\frac{-v-(-f)}{-f}=\frac{-v}{u}$$

আবার, $$\frac{f-v}{-f}=\frac{-v}{u}$$

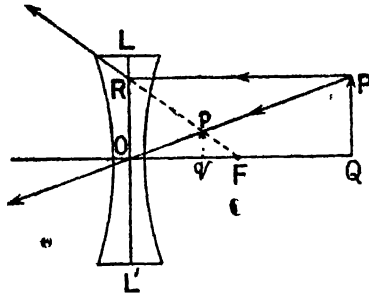
,, $$uf-uv=vf$$

সমীকরণের উভয়দিকেই একই রাশি uvf দ্বারা ভাগ করিলে,

$$\frac{1}{v}-\frac{1}{f}=\frac{1}{u}$$

আবার, $$\frac{1}{v}-\frac{1}{u}=\frac{1}{f}$$

(খ) অবতল লেন্স ও অসদ্ বিম্ব :

চিত্র 88 (b) দেখ। LOL′ একটি সরু ও ছোট অবতল লেন্স। লেন্সের সম্মুখে প্রধান অক্ষের উপর লম্বভাবে অবস্থিত PQ একটি বস্তু। প্রতিবিম্ব

চিত্র নং 88 (b)

অঙ্কনের নিয়মানুযায়ী pq প্রতিবিম্ব অঙ্কন করা হইয়াছে। ইহা অসদ্ ও সোজা প্রতিবিম্ব।

এখন pqF এবং RFO ত্রিভুজ দুইটি সদৃশ। কাজেই,

$$\frac{pq}{qF}=\frac{RO}{OF}=\frac{PQ}{OF} \quad [\because \quad PQ=RO]$$

$$\therefore \quad \frac{pq}{PQ}=\frac{qF}{OF} \cdots (i)$$

আবার, QPO এবং qpO ত্রিভুজ দুইটিও সদৃশ। সুতরাং

$$\frac{pq}{Oq}=\frac{PQ}{OQ}$$

$$\therefore \quad \frac{pq}{PQ}=\frac{Oq}{OQ} \quad \cdots (ii)$$

(i) এবং (ii) সমীকরণ দুইটি তুলনা করিলে লেখা যাইতে পারে যে,

$$\frac{qF}{OF}=\frac{Oq}{OQ}$$

আবার, $$\frac{OF-Oq}{OF}=\frac{Oq}{OQ} \quad \cdots (iii)$$

88 (b) নং চিত্রানুযায়ী, বস্তু-দূরত্ব→$OQ = +u$

প্রতিবিম্ব দূরত্ব→$Oq = +v$

ফোকাস-দূরত্ব→$OF = +f$

(iii) নং সমীকরণে ইহা বসাইলে আমরা পাই,

$$\frac{f-v}{f} = \frac{v}{u}$$

অথবা, $uf - uv = vf$

সমীকরণের উভয়দিকই একই রাশি uvf দ্বারা ভাগ করিলে,

$$\frac{1}{v} - \frac{1}{f} = \frac{1}{u}$$

অথবা, $$\frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$$

প্রশ্ন ৬। কোন বস্তু বহুদূর হইতে একটি উত্তল লেন্সের দিকে অগ্রসর হইলে বিভিন্ন অবস্থায় প্রতিবিম্ব কিরূপ হইবে তাহার ব্যাখ্যা করিয়া চিত্র অঙ্কন কর।

[Draw typical diagrams to show how the nature of the image changes as an object approaches a convex lens from a large distance.] **[H. S Exam., 1962]**

উঃ। ৪নং প্রশ্ন দেখ।

প্রশ্ন ৭। চিত্র সহযোগে বুঝাইয়া দাও কিরূপে উত্তল লেন্স বস্তুর সদ্ ও বিবর্ধিত প্রতিবিম্ব গঠন করে। ইহা হইতে লেন্সের সমীকরণ প্রতিষ্ঠা কর।

[Show, with the help of a neat diagram, how a magnified real image of an object can be obtained by means of a convex lens. Hence establish the lens-formula.]

[H. S. (Comp.), 1962]

উঃ। প্রথমাংশঃ ৪নং প্রশ্নের (i) উত্তর দেখ।

দ্বিতীয়াংশঃ ৫নং প্রশ্ন দেখ।

প্রশ্ন ৮। (i) 'অনুবন্ধী ফোকাসদ্বয়' এবং (ii) 'লেন্সের ক্ষমতা' বলিতে কি বুঝায়? ক্ষমতার একক কি?

[What do you mean by (i) Conjugate pair of focii and (ii) Power of a lens? What is the unit of power?]

উঃ। অনুবন্ধী ফোকাসদ্বয়ঃ আলোকরশ্মির পথ প্রত্যাবর্তনশীল বলিয়া একটি লেন্স উহার অক্ষস্থিত কোন বস্তুবিন্দুর প্রতিবিম্ব গঠন করিলে, ঐ বস্তু-বিন্দু ও উহার প্রতিবিম্ব উভয়ের অবস্থানের অদলবদল করা যায়। অর্থাৎ লেন্স বস্তুবিন্দুর সদ্‌বিম্ব গঠন করিলে বিম্বের স্থানে বস্তু রাখিলে বস্তুর পূর্বেকার অবস্থানে প্রতিবিম্ব গঠিত হইবে। কিন্তু বিম্ব অসদ্ হইলে ঐরূপ হইবে না। তখন আপতিত রশ্মিগুলিকে এমনভাবে পাঠাইতে হইবে যেন লেন্সের অবর্তমানে অসদ্‌বিম্বের স্থানে উহারা একত্রিত হইতে চেষ্টা করে; তাহা হইলে লেন্স কর্তৃক প্রতিসৃত হইবার পর বস্তুর পূর্বেকার অবস্থানে প্রতিবিম্ব গঠিত হইবে।

অক্ষস্থিত বস্তুবিন্দু ও উহার প্রতিবিম্বের অবস্থানের পারস্পরিক বিনিময় সম্ভব বলিয়া উহাদের অনুবন্ধী ফোকাসদ্বয় বলা হয়।

লেন্সের ক্ষমতাঃ মনে কর, দুইটি উত্তল লেন্স আছে। একটির ফোকাস-দৈর্ঘ্য কম এবং দ্বিতীয়টির অপেক্ষাকৃত বেশী। এখন যদি একগুচ্ছ সমান্তরাল রশ্মি লেন্স দুইটির অক্ষ বরাবর সমান্তরালভাবে আসিয়া আলাদা ভাবে লেন্স দুইটির উপর আপতিত হয়, তবে উহারা লেন্স দুইটি কর্তৃক প্রতিসৃত হইয়া ফোকাস-বিন্দুতে একত্রিত হইবে। প্রথম লেন্সটির বেলাতে ঐ বিন্দু লেন্সের যত কাছে হইবে দ্বিতীয় লেন্সের বেলাতে তাহা হইবে না। এক্ষেত্রে বলা হয় যে প্রথম লেন্সটির ক্ষমতা দ্বিতীয় লেন্স অপেক্ষা বেশী। সুতরাং উত্তল লেন্সের ক্ষমতা বলিতে আমরা বুঝি যে ঐ লেন্স সমান্তরাল রশ্মিগুচ্ছকে লেন্সের কত কাছে একত্রিত করিতে পারে।

ঠিক অনুরূপভাবে অবতল লেন্সের ক্ষমতা বলিতে আমরা বুঝি যে ঐ লেন্স সমান্তরাল রশ্মিগুচ্ছকে কত বেশী অপসৃত করিয়া দিতে পারে।

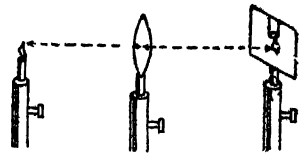
লেন্সের ক্ষমতা যত বেশী হইবে অর্থাৎ সমান্তরাল রশ্মিগুচ্ছকে লেন্স যত বেশী অভিসারী অথবা অপসারী রশ্মিগুচ্ছে পরিণত করিবে তত উহার ফোকাস-দৈর্ঘ্য ক্ষুদ্র হইবে। সুতরাং ক্ষমতা বৃদ্ধি পাইলে ফোকাস-দৈর্ঘ্য হ্রাস পায়, আবার ক্ষমতা হ্রাস পাইলে ফোকাস দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি পায়। এই কারণে লেন্স-ক্ষমতা 'P' এবং ফোকাস-দৈর্ঘ্য 'f' হইলে $P=\frac{1}{f}$

ক্ষমতার একক :

যে লেন্সের ফোকাস-দৈর্ঘ্য 100 cm উহার ক্ষমতাকে ক্ষমতার একক ধরা হয়। এই এককের নাম 'ডায়পটর' (Dioptre)।

প্রশ্ন ৯। উত্তল-লেন্সের ফোকাস দূরত্ব নির্ণয়ের একটি পদ্ধতি বর্ণনা কর।

[Describe a method of determining the focal length of a convex lens.] [**H. S. Exam. 1961**]

উঃ। 89 নং চিত্রে যেমন দেখানো হইয়াছে ঐরূপ একখানি কাগজের পর্দা, একটি উত্তল লেন্স এবং একটি মোমবাতির শিখা পর পর রাখ। শিখার উচ্চতা, লেন্সের কেন্দ্র ও পর্দার কেন্দ্র এক সরল রেখায় রাখ। এইবার লেন্সটিকে একটু আগে-পিছে সরাও। দেখিবে লেন্সের এক অবস্থানে পর্দার উপর শিখার একটি স্পষ্ট ও উল্টা প্রতিবিম্ব পড়িবে। লেন্সকে ঐ অবস্থানে রাখিয়া শিখা হইতে লেন্সের দূরত্ব এবং পর্দা হইতে লেন্সের দূরত্ব মাপ। প্রথমটি হইল বস্তু-দূরত্ব বা U এবং শেষেরটি হইল প্রতিবিম্ব-দূরত্ব বা V. কিন্তু এস্থলে প্রতিবিম্ব সদ্ হওয়ায় প্রতিবিম্ব-দূরত্ব চিহ্নের নিয়মানুযায়ী (convention of sign) ঋণাত্মক হইবে। লেন্সের

চিত্র নং 89

সাধারণ সূত্র $\frac{1}{V}-\frac{1}{U}=\frac{1}{f}$ সমীকরণে U এবং Vএর যথোপযুক্ত চিহ্নসহ মান বসাইয়া 'f' নির্ণয় করা যাইবে।

শিখাকে বিভিন্ন দূরত্বে রাখিয়া ঐরূপ কয়েকবার 'f' এর মান নির্ণয় করিয়া উহাদের গড় বাহির করিলে লেন্সের ফোকাস-দূরত্ব পাওয়া যাইবে।

প্রশ্ন ১০। লেন্সের প্রধান অক্ষস্থিত কোন বিস্তৃত বস্তুর প্রতিবিম্ব নির্ণয় করিতে হইলে লেন্সের কোন্ কোন্ ধর্ম অবলম্বন করা যাইতে পারে? চিত্র সহযোগে তোমার উত্তর ব্যাখ্যা কর।

একখানি সমতল দর্পণের উপর একটি উত্তল লেন্সকে এমনভাবে রাখা হইল যে লেন্সের অক্ষ খাড়া থাকে। একটি পিনের অগ্রভাগ ঐ অক্ষ বরাবর উঠা-নামা করাইলে কোন্ অবস্থানে ঐ অগ্রভাগ এবং উহার প্রতিবিম্ব মিলিয়া যাইবে? তোমার উত্তরের কারণ ব্যাখ্যা কর।

তোমাকে একটি বহুদূরবর্তী আলোক উৎসের সাহায্যে একখানি উত্তল লেন্সের ফোকাস-দূরত্ব নির্ণয় করিতে বলা হইল। তুমি কিরূপে উহা নির্ণয় করিবে?

[What properties of a lens are utilised to find the position of the image of an extended object placed on the principal axis of the lens? Draw a diagram to illustrate your answer.

A convergent lens is laid on a horizontal plane mirror with its axis vertical. The point of a pin is moved along the axis of the lens. Where will the point and the image coincide? Give reasons for your answer.

You have a distant source. How can you find the focal length of a convergent lens with its help?]

[H. S. Exam., 1963]

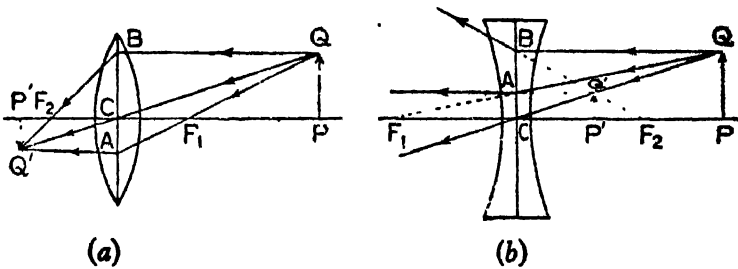
উঃ। প্রথম অংশ: লেন্সের অক্ষস্থিত কোন বিস্তৃত বস্তুর প্রতিবিম্ব কোথায় গঠিত হইতেছে তাহা জ্যামিতিক উপায়ে নির্ণয় করিবার জন্য লেন্সের নিম্নলিখিত ধর্মাবলী প্রয়োগ করা যাইতে পারে :—

(i) কোন রশ্মি যদি উত্তল লেন্সের প্রথম মুখ্য ফোকাসের ভিতর দিয়া

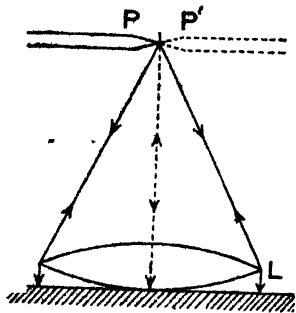
অগ্রসর হয় অথবা অবতল লেন্সের প্রথম মুখ্য ফোকাসের দিকে অগ্রসর হয় তবে লেন্স কর্তৃক প্রতিসৃত হইবার পর উহা লেন্সের অক্ষের সমান্তরালভাবে চলিয়া যাইবে।

(ii) বস্তু-বিন্দু হইতে কোন রশ্মি লেন্সের অক্ষের সমান্তরালভাবে অগ্রসর হইয়া লেন্সের উপর আপতিত হইলে প্রতিসরণের পর উত্তল লেন্সের বেলাতে দ্বিতীয় মুখ্য ফোকাসের ভিতর দিয়া যাইবে এবং অবতল লেন্সের বেলাতে দ্বিতীয় মুখ্য ফোকাস হইতে অপসৃত হইতেছে বলিয়া মনে হইবে।

(iii) কোন রশ্মি লেন্সের আলোক-কেন্দ্রের মধ্য দিয়া অগ্রসর হইলে, রশ্মির কোন বিচ্যুতি হইবে না।

চিত্র নং ৭০

চিত্র 90 (*a*) এবং 90 (*b*) দুইটিতে উপরোক্ত তথ্য দেখানো হইয়াছে। PQ বস্তু লেন্সের অক্ষের উপর লম্বভাবে দণ্ডায়মান। F_1 এবং F_2 লেন্সের প্রথম এবং দ্বিতীয় মুখ্য ফোকাস। C লেন্সের আলোক-কেন্দ্র। QA রশ্মি F_1 বিন্দুর মধ্য দিয়া, QB রশ্মি অক্ষের সমান্তরালভাবে এবং QC রশ্মি লেন্সের আলোক কেন্দ্রের মধ্য দিয়া অগ্রসর হইতেছে। উহারা প্রতিসৃত হইবার পর P′Q′ প্রতিবিম্ব গঠন করিতেছে।

দ্বিতীয় অংশ : MM′—অনুভূমিকভাবে রক্ষিত একটি সমতল দর্পণ এবং L একটি উত্তল লেন্স। P পিনের অগ্রভাগ লেন্সের অক্ষ বরাবর উপর-নীচ সরাইলে এক জায়গায় পিনের অগ্রভাগ উহার প্রতিবিম্বের সহিত মিলিয়া

যাইবে [চিত্র 90 (c)]। পিনের অগ্রভাগের অবস্থান হইবে লেন্স হইতে লেন্সের ফোকাস-দূরত্বের সমান। কারণ, যদি মনে করা যায় যে P বিন্দু লেন্সের ফোকাসে আছে তবে ঐ বিন্দু হইতে নির্গত রশ্মিগুচ্ছ L লেন্স কর্তৃক প্রতিসৃত হইবার পর সমান্তরাল রশ্মিগুচ্ছে পরিণত হইবে এবং দর্পণের উপর লম্বভাবে আপতিত হইয়া একই পথে প্রত্যাবর্তন করিবে। সুতরাং প্রত্যাবর্তনের পথে সমান্তরাল রশ্মিগুচ্ছ L লেন্স কর্তৃক দ্বিতীয় বার প্রতিসৃত হইলে ফোকাস-বিন্দু অর্থাৎ P বিন্দুতে মিলিত হইবে। সুতরাং ঐস্থানে P′ সদ্-বিম্ব গঠিত হইবে। অর্থাৎ পিনের অগ্রভাগ ও উহার প্রতিবিম্ব মিলিয়া যাইবে।

চিত্র 90 (c)

শেষ অংশ: একখানি সাদা কাগজ লেন্সের অপর পার্শ্বে রাখ—অর্থাৎ বস্তু এবং কাগজের মাঝখানে লেন্স রাখ। এইবার লেন্সকে একটু আগে-পিছে সরাও। দেখিবে লেন্সের একটি বিশেষ অবস্থানে দূরবর্তী বস্তুর একটি ক্ষুদ্র স্পষ্ট প্রতিবিম্ব গঠিত হইয়াছে। প্রতিবিম্বটি উল্টা হইবে। লেন্স হইতে কাগজের দূরত্ব হইবে লেন্সের ফোকাস দূরত্বের সমান। কারণ, দূরবর্তী বস্তু হইতে সমান্তরাল রশ্মিগুচ্ছ উত্তল লেন্স কর্তৃক প্রতিসৃত হইলে লেন্সের ফোকাসে ক্ষুদ্র, সদ্ ও উল্টা প্রতিবিম্ব গঠন করে।

প্রশ্ন ১১। উত্তল লেন্স দ্বারা প্রতিসৃত হইলে কোন আলোক-রশ্মি নিম্নলিখিত ক্ষেত্রে কিরূপ ব্যবহার করিবে? (ক) রশ্মিটি লেন্সের প্রথম মুখ্য ফোকাসের মধ্য দিয়া অগ্রসর হইতেছে, (খ) রশ্মিটি আলোক-কেন্দ্রের মধ্য দিয়া অগ্রসর হইতেছে।

একটি ক্ষুদ্র বস্তু কোন উত্তল লেন্সের অক্ষের উপর দাঁড়াইয়া আছে। লেন্স হইতে উহার দূরত্ব প্রথম মুখ্য ফোকাসের দূরত্ব অপেক্ষা কম। চিত্র সহযোগে বুঝাইয়া দাও কোথায় প্রতিবিম্ব

গঠিত হইবে। চিত্রটি ব্যাখ্যা কর এবং প্রতিবিম্বের প্রকৃতি কিরূপ হইবে বল।

[How do the following rays behave on refraction by a convergent lens: (a) A ray passing through the first principal focus, (b) a ray passing through the optical centre ?

A small object stands on the principal axis of a convergent lens and is closer to the lens than the first principal focus. Draw a diagram showing where the image is formed. Explain the diagram and state the nature cf the image.] [H. S. Exam., 1964]

উঃ। **প্রথম অংশ:** ১০নং প্রশ্ন দ্রষ্টব্য।

শেষ অংশ: ৪নং প্রশ্নের (ii) অংশ দ্রষ্টব্য। প্রতিবিম্ব অসদ্ ও বিবর্ধিত।

****প্রশ্ন ১২। আলোকের বিচ্ছুরণ বলিতে কি বুঝায়? বর্ণালী কাহাকে বলে? বর্ণালীর বিভিন্ন বর্ণের প্রতিসরণীয়তা হিসাবে নাম কর।**

[What do you understand by dispersion of light? What is called a spectrum? [H. S. (Comp.), 1962, '64] Name the colours of a spectrum according to refrangibility.]

উঃ। একটি সূক্ষ্ম ও শুভ্র (white) আলোকরশ্মিগুচ্ছ কাচের প্রিজমের ভিতর দিয়া প্রতিসৃত হইবার পর আর শুভ্র থাকে না—বিচিত্র বর্ণে বিভক্ত হইয়া পড়ে। বিশিষ্ট বিজ্ঞানী স্যার আইজাক নিউটন সর্বপ্রথম উহা লক্ষ্য করেন। এই বিচিত্র বর্ণের এক প্রান্তে থাকে লাল এবং অপর প্রান্তে থাকে বেগুনী। ইহা ছাড়া আরও পাঁচটি রঙের আলোকরশ্মি ইহাদের মধ্যে অবস্থিত থাকে। প্রিজমের ভিতর দিয়া যাইবার ফলে শুভ্র আলোকরশ্মি বিশ্লিষ্ট হইয়া সাতটি বর্ণের আলোতে বিভক্ত হইবার প্রণালীকে বলা হয় আলোকের বিচ্ছুরণ।

আলোকের বিচ্ছুরণের ফলে যে বিভিন্ন বর্ণবিশিষ্ট পটি (band) দেখিতে পাওয়া যায়, তাহাকে বর্ণালী বলে।

প্রতিসরণীয়তা হিসাবে বর্ণালীর বিভিন্ন বর্ণের নাম :—(1) বেগুনী (violet), (2) গাঢ় নীল (indigo), (3) নীল (blue), (4) সবুজ (green), (5) হলুদে (yellow), (6) নারঙ্গ (orange) ও (7) লাল (red)।

***প্রশ্ন ১৩। বর্ণালীর বিভিন্ন বর্ণের পুনর্যোজন দ্বারা শুভ্র আলোক সৃষ্টির দুইটি পদ্ধতি বর্ণনা কর।**

[Describe any two methods of recompounding, to form white light, the various kinds of light in a spectrum]

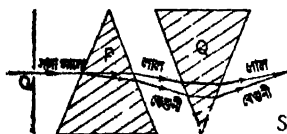
অথবা,

শুভ্র আলোর যৌগিক প্রকৃতি কিরূপে প্রমাণ করা যায় ?

[How can you prove the composite nature of white light ?] [**H. S. (Comp.), 1964, '66**]

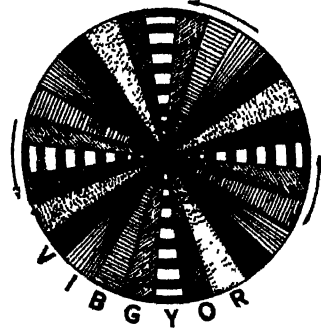
উঃ। শুভ্র আলোকরশ্মির বিচ্ছুরণের ফলে নিউটনের মনে এই সন্দেহ জন্মায় যে সূর্যালোক বা সাদা আলো আসলে একটি মিশ্র অথবা যৌগিক আলোক। ইহার চুড়ান্ত নিষ্পত্তির জন্য তিনি বর্ণালীর বিভিন্ন বর্ণগুলিকে পুনর্যোজন করিয়া সাদা আলো সৃষ্টি করিবার চেষ্টা করেন এবং সফলকাম হন। নিম্নলিখিত দুইটি সহজ উপায়ে এই পুনর্যোজন সম্ভব :—

(1) একই ধরনের দুইটি প্রিজম দ্বারা :

একটি পর্দার সূক্ষ্ম ছিদ্র O হইতে সাদা সূর্যালোক প্রথম প্রিজম P-এর দ্বারা প্রতিসরণের ফলে বর্ণালীতে বিশ্লিষ্ট হইবে (91 নং চিত্র)। আমরা জানি লাল বর্ণের রশ্মি অপেক্ষা বেগুনী বর্ণের রশ্মি প্রিজমের ভূমির দিকে বেশী বাঁকিয়া যায়। এই বিশ্লিষ্ট আলোকরশ্মির পথে আর একটি একই ধরনের প্রিজম Q উল্টাইয়া রাখা হইয়াছে ; অর্থাৎ P-প্রিজমের শীর্ষের দিকে Q-প্রিজমের ভূমি অবস্থিত। বর্ণালীর বিভিন্ন রশ্মি Q-প্রিজম দ্বারা পুনরায় প্রতিসৃত হইয়া উহার ভূমির দিকে বাঁকিয়া যাইবে—বেগুনী রঙের রশ্মি বেশী বাঁকিবে আর লাল কম বাঁকিবে।

চিত্র নং 91

ফলে পর্দার (S) উপর বিভিন্ন বর্ণের আলোকরশ্মি একত্র মিলিত হইবে এবং শুভ্র রশ্মিতে পরিণত হইতে দেখা যাইবে।

(2) নিউটনের বর্ণ-চাকতি (colour disc) দ্বারা :

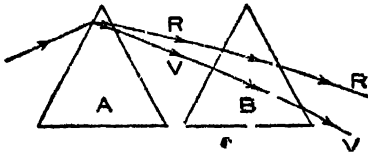
একটি কার্ডবোর্ডের চাকতিকে সমান চারভাগে ভাগ করিয়া প্রত্যেক ভাগ সৌর বর্ণালীতে (solar spectrum) বিভিন্ন বর্ণের আলো যতখানি জায়গা দখল করে এবং যে ক্রমিক পর্যায়ে সজ্জিত থাকে সেইভাবে রঞ্জিত করা হয় (92 নং চিত্র)। ইহার কেন্দ্রের মধ্য দিয়া একটি দণ্ড আবদ্ধ করিয়া ইহাকে বেগে ঘুরাইবার ব্যবস্থা থাকে। চাকতি যখন জোরে ঘুরিতে থাকে তখন কোন বিশেষ বর্ণ দেখা যায় না— চাকতির বর্ণ সাদাটে মনে হয়। ইহার কারণ এই যে জোরে ঘুরিবার জন্য অক্ষিপটে (retina) একটি বিশেষ বর্ণের অনুভূতি শেষ হইতে না হইতে অপর বর্ণের অনুভূতি আসিয়া পড়ে এবং এই দৃষ্টিনির্বন্ধের (persistence of vision) জন্য অক্ষিপটে সাতটি বর্ণের অনুভূতি পরস্পর মিশিয়া সাদা অনুভূতি সৃষ্টি করে।

চিত্র নং 92

প্রশ্ন ১৪। প্রিজমের উপর সূর্যালোক পড়িলে ফলাফল কি হয়? একটি সূক্ষ্ম সমান্তরাল শ্বেত আলোকরশ্মিগুচ্ছ পর পর দুইটি একই ধরনের প্রিজমের ভিতর দিয়া গমন করিলে, নিম্নলিখিত ক্ষেত্রে কি ঘটিবে চিত্রসহযোগে ব্যাখ্যা কর :—(ক) যখন প্রিজম দুইটির প্রতিসারক কোণ একই দিকে অভিমুখী, (খ) যখন প্রতিসারক কোণদ্বয় উল্টাদিকে অভিমুখী।

[What is the effect of a prism on sunlight ? A narrow parallel beam of white light passes in succession through two identical prisms (a) when their refracting angles are

pointing in the same direction, (b) when they are in opposite directions. Explain, with diagrams, the effect that will be produced in each case.] [**H. S. Exam., 1965**]

উঃ। ১২ নং প্রশ্নের প্রথমাংশ দ্রষ্টব্য।

(a) A এবং B দুইটি প্রিজম পাশাপাশি বসানো আছে (চিত্র 92 (a)। উহাদের প্রতিসারক কোণ একই দিকে অভিমুখী। সাদা আলোকরশ্মি A-প্রিজমের ভিতর দিয়া প্রতিসৃত হইলে বিচ্ছুরণের ফলে বেগুনী, লাল ইত্যাদি সাতটি রং বিশ্লিষ্ট হইয়া বর্ণালী সৃষ্টি করিবে। অতঃপর ঐ বর্ণালীর বিভিন্ন রশ্মি দ্বিতীয় প্রিজম B-এর ভিতর দিয়া প্রতিসৃত হইলে পুনঃ উহাদের চ্যুতি বৃদ্ধি পাইবে। ফলে বর্ণালীর বিস্তার বৃদ্ধি পাইবে।

চিত্র নং 92 (a)

(b) ১৩নং প্রশ্নের উত্তর দ্রষ্টব্য।

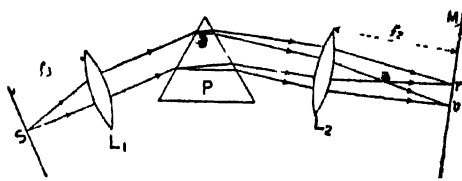
প্রশ্ন ১৫। শুদ্ধ ও অশুদ্ধ বর্ণালী বলিতে কি বোঝ? পর্দার উপর শুদ্ধ বর্ণালী গঠনের প্রণালী বর্ণনা কর।

[What do you mean by pure and impure spectrum? Describe an arrangement by which a pure spectrum may be produced on a screen.] [**H. S. (Comp.), 1962, '64**]

উঃ। যে বর্ণালীতে বিভিন্ন বর্ণ পৃথক্ ও স্পষ্টভাবে দৃশ্যমান ও বিভিন্ন বর্ণগুলি নিজস্ব জায়গা দখল করে তাহাকে শুদ্ধ বর্ণালী বলে। আর যে বর্ণালীতে বিভিন্ন বর্ণগুলি পৃথক্ ও স্পষ্টভাবে দৃশ্যমান নয় এবং নিজস্ব জায়গা দখল করে না তাহাকে অশুদ্ধ বর্ণালী বলা হয়। আমরা কখনও একটি মাত্র রশ্মি পাইতে পারি না। যদি তাহা সম্ভব হইত তবে উক্ত রশ্মিটি বিশ্লিষ্ট হইবার পর যে বিভিন্ন বর্ণের আলোকরশ্মির উদ্ভব হইত তাহাদের পৃথক্‌ভাবে পাশাপাশি দেখিতে পাইতাম। কিন্তু রশ্মিগুচ্ছ লইয়া কাজ করিবার ফলে সব রশ্মিই এক সঙ্গে বিচ্ছুরিত হয় এবং নিজস্ব বর্ণালী সৃষ্টি করে। পর্দায় এই

বর্ণালীগুলি একের উপর আর একটি গিয়া পড়ে। ফলে বর্ণালীর সব বর্ণ স্পষ্টভাবে দেখা যায় না এবং বর্ণালী অশুদ্ধ হইয়া পড়ে।

শুদ্ধ বর্ণালী গঠনের উপায় :

93 নং চিত্রে ইহার উপযুক্ত ব্যবস্থা দেখানো হইল। S একটি ক্ষুদ্র ছিদ্র L_1-উত্তল লেন্সের ফোকাসে অবস্থিত। সুতরাং ছিদ্র হইতে নির্গত সূর্যরশ্মি লেন্স কর্তৃক প্রতিসৃত হইয়া সমান্তরাল রশ্মিগুচ্ছে পরিণত হইবে। এই সমান্তরাল রশ্মিগুচ্ছ অতঃপর একটি প্রিজম P-এর উপর আপতিত হইল।

চিত্র নং 93

প্রিজমটি মধ্যবর্তী হলুদে রশ্মির ন্যূনতম চ্যুতির অবস্থানে স্থাপিত। ইহাতে আপতিত রশ্মিগুচ্ছ এমনভাবে বিচ্ছুরিত হইবে যে সকল লালবর্ণের রশ্মিগুলি পরস্পর সমান্তরাল, সব হলুদে বর্ণের রশ্মিগুলি পরস্পর সমান্তরাল ইত্যাদি। এইবার এই বিভিন্ন বর্ণের সমান্তরাল রশ্মিগুলি আর একটি উত্তল লেন্স L_2-তে আপতিত হইলে, সব বর্ণরশ্মিগুলি পৃথক্ পৃথক্‌ভাবে পর্দার উপর কেন্দ্রীভূত হইবে এবং শুদ্ধ বর্ণালী তৈয়ারী হইবে।

প্রশ্ন ১৬। আলোকের বিচ্ছুরণ কি? রামধনুতে কি কি রং দেখা যায়? সাদা আলোতে রামধনুর সাত রং থাকে ইহা একটি পরীক্ষা দ্বারা প্রমাণ কর। ইহার একটি সুন্দর ছবি আঁক।

[What is dispersion of light? What are the colours seen in a rain-bow? Describe an experiment to prove that the colours of the rain-bow are present in white light. Give a neat diagram.] **[H. S. Exam., 1961]**

উঃ। প্রথমাংশ :—১২নং প্রশ্ন দ্রষ্টব্য।

দ্বিতীয়াংশ :—প্রাথমিক রামধনুর বৃত্তের বাহিরের দিকে লাল এবং ভিতরের দিকে বেগুনী বর্ণ থাকে। ইহার মাঝখানে যে বর্ণগুলি থাকে তাহা যথাক্রমে :—গাঢ় নীল, নীল, সবুজ, হলুদে, নারঙ্গ। অর্থাৎ বর্ণালীর সাতটি বর্ণ ই রামধনুতে দেখিতে পাওয়া যায়।

শেষাংশ :—১৫ নং প্রশ্ন দ্রষ্টব্য।

অঙ্ক

[লেন্সের অঙ্ক করিতে হইলে নিম্নলিখিত কথাগুলি মনে রাখিবে :—

(i) সর্বপ্রথম লেন্সের সাধারণ সূত্র $\frac{1}{v}-\frac{1}{u}=\frac{1}{f}$ পাতাও।

(ii) প্রশ্ন হইতে নির্ণয় কর u, v এবং f এর মধ্যে কোন রাশিটি নির্ণয় করিতে হইবে। উহার ধনাত্মক বা ঋণাত্মক কোন চিহ্ন দিবে না।

(iii) অতঃপর প্রশ্ন হইতে সতর্কতার সহিত অন্য দুইটি রাশির মান ও চিহ্ন নির্ণয় কর।

(iv) এই চিহ্ন ও মান সাধারণসূত্রে বসাইয়া অঙ্ক কর।]

1. 10 cm. লম্বা একটি বস্তুকে একটি উত্তল লেন্স হইতে 15 cm. দূরে রাখা হইল। লেন্সটির ফোকাস-দূরত্ব 10 cm. হইলে প্রতিবিম্বের অবস্থান ও সাইজ নির্ণয় কর।

[Find the position and size of the image of an object, 10 cm. high, placed in front of a convex lens of focal length 10 cm. at a distance of 15 cm. from the lens.]

উঃ। আমরা জানি যে লেন্সের সাধারণ সূত্র হইতেছে

$$\frac{1}{v}-\frac{1}{u}=\frac{1}{f}$$

এক্ষেত্রে $u=15$ cm.; এবং $f=-10$ cm. (লেন্স উত্তল হওয়ায় ফোকাস-দূরত্ব ঋণাত্মক)। কাজেই,

$$\frac{1}{v}-\frac{1}{15}=-\frac{1}{10}$$

$$\text{or, } \frac{1}{v}=\frac{1}{15}-\frac{1}{10}=-\frac{1}{30}$$

$$\therefore\ v=-30 \text{ cms.}$$

সুতরাং প্রতিবিম্ব লেন্সের অপর পার্শ্বে 30 cm. দূরে অবস্থিত হইবে।

এক্ষেত্রে, রৈখিক বিবর্ধন $m = \frac{v}{u} = \frac{30}{15} = 2.$

সুতরাং প্রতিবিম্বের সাইজ $= m \times$ বস্তুর সাইজ $= 2 \times 10 = 20$ cm.

2. একটি বস্তুকে 20 cm. ফোকাস-দূরত্বসম্পন্ন একখানি অবতল লেন্স হইতে 40 cm. দূরে রাখা হইল। প্রতিবিম্বের অবস্থান ও বিবর্ধন (magnification) নির্ণয় কর।

[An object is placed 40 cm. in front of a concave lens of focal length 20 cm. Find the position and magnification of the image.]

উঃ। লেন্সের সাধারণ সূত্র : $\frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$

এক্ষেত্রে, $u = 40$; $f = +20$ cm. (লেন্স অবতল হওয়ায় ফোকাস-দূরত্ব ধনাত্মক) ।
কাজেই,

$$\frac{1}{v} - \frac{1}{40} = \frac{1}{20}$$

$$\text{Or,} \quad \frac{1}{v} = \frac{1}{20} + \frac{1}{40} = \frac{3}{40}$$

$$\therefore \quad v = \frac{40}{3} = 13 \cdot 33 \text{ cm.}$$

সুতরাং প্রতিবিম্ব লেন্সের একই দিকে 13·33 cm. দূরে অবস্থিত হইবে।

আবার, বিবর্ধন $m = \frac{v}{u} = \frac{40}{3 \times 40} = \frac{1}{3}.$

3. 1 inch দীর্ঘ একটি বস্তুকে একটি উত্তল লেন্সের সম্মুখে উহার ফোকাস-দূরত্বের দ্বিগুণ দূরত্বে রাখা হইল। প্রতিবিম্বের অবস্থান, প্রকৃতি ও সাইজ নির্ণয় কর।

[Find the position, nature and size of the image of an object, 1 inch high, placed in front of a convex lens, at a distance of twice the focal length of the lens.]

[H. S. Exam., 1960]

উঃ। আমরা জানি যে উত্তল লেন্সের সম্মুখে উহার ফোকাস-দূরত্বের দ্বিগুণ দূরত্বে বস্তু থাকিলে উহার প্রতিবিম্ব লেন্সের অপর পার্শ্বে সমান দূরত্বে গঠিত হয়। ঐ প্রতিবিম্ব উল্টা, সদ্‌ ও সমান আকারে হয় [৪নং প্রশ্নের (v) রেখাঙ্কন দ্রষ্টব্য]। কাজেই এক্ষেত্রে প্রতিবিম্বের সাইজ হইবে 1 inch ; ইহার সদ্‌ ও উল্টা এবং ইহার অবস্থান লেন্সের অপর পার্শ্বে এবং লেন্স হইতে ফোকাস-দূরত্বের দ্বিগুণ দূরে।

উপরোক্ত ফল গণিতের সাহায্যেও নিম্নলিখিতরূপে নির্ণয় করা যায়।

আমরা জানি, লেন্সের সাধারণ সূত্র,

$$\frac{1}{v}-\frac{1}{u}=\frac{1}{f}$$

এক্ষেত্রে, $u=2f$ এবং $f=-f$

কাজেই, $\frac{1}{v}-\frac{1}{2f}=-\frac{1}{f}$

অথবা, $\frac{1}{v}=\frac{1}{2f}-\frac{1}{f}=-\frac{1}{2f}$

$v=-2f.$

ঋণাত্মক চিহ্ন প্রমাণ করে যে প্রতিবিম্ব সদ্ ও লেন্সের অপর পার্শ্বে হইবে।

আবার, বিবর্ধন $m=\frac{v}{u}=\frac{2f}{2f}=1$

সুতরাং প্রতিবিম্ব ও বস্তু সাইজে সমান।

4\. 5 cm. দীর্ঘ একটি দণ্ডকে একটি উত্তল লেন্সের সম্মুখে রাখা হইল। 25 cm. দীর্ঘ উহার একটি প্রতিবিম্ব লেন্স হইতে 100 cm দূরে অবস্থিত একখানি পর্দার উপর গঠিত হইল। লেন্সটির ফোকাস-দূরত্ব কত ?

[A rod, 5 cm. high, is placed in front of a convex lens. An image, 25 cm. high, is formed on a screen placed 100 cm. from the lens. What is the focal length of the lens ?]

উঃ। এস্থলে বিবর্ধন $m=\frac{25}{5}=5$

কিন্তু $m=\frac{v}{u}=5 \quad \therefore \quad v=5u$

প্রদত্ত প্রশ্ন হইতে $v=100$ cm. ; কাজেই $u=20$ cm.

এখন, লেন্সের সূত্র হইতে জানি,

$$\frac{1}{v}-\frac{1}{u}=\frac{1}{f}$$

এক্ষেত্রে $u=20$ cm., $v=-100$ cm, (প্রতিবিম্ব সদ্ হওয়ায় প্রতিবিম্ব-দূরত্ব ঋণাত্মক) কাজেই,

$$-\frac{1}{100}-\frac{1}{20}=\frac{1}{f}$$

$$\text{Or, } \frac{1}{f} = -\frac{6}{100} = -\frac{3}{50}$$

$$\therefore \quad f = -16{\cdot}66 \text{ cm.}$$

5. একটি লেন্স একটি সদ্-বিম্ব গঠন করিল যাহার সাইজ বস্তুর সাইজ অপেক্ষা দ্বিগুণ এবং লেন্স হইতে 18 cm. দূরে। লেন্সটি কি ধরনের এবং ফোকাস-দূরত্ব কত ?

[A lens formed a real image double the size of the object and 18 cm. from it What is the nature of the lens and what is its focal length ?]

উঃ। প্রতিবিম্ব সদ্ হওয়ায় বোঝা যাইতেছে যে লেন্সটি উত্তল, কারণ, উত্তল লেন্স ছাড়া অবতল লেন্স সদ্-বিম্ব গঠন করিতে পারে না। এখন,

$$\text{বিবর্ধন } m = 2 = \frac{v}{u}$$

$$\therefore \quad v = 2u.$$

কিন্তু $v = 18$ cm. কাজেই $u = 9$ cm.

লেন্সের সাধারণ সূত্র হইল $\frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$

এখানে, $v = -18$ cm. (সদ্-বিম্ব) ; $u = 9$ cm. ; কাজেই

$$-\frac{1}{18} - \frac{1}{9} = \frac{1}{f}$$

$$\therefore \quad f = -6 \text{ cm}$$

6. বস্তু হইতে 20 inches দূরে অবস্থিত কোন লেন্স বস্তুর একটি অসদ্-বিম্ব গঠন করিল যাহার সাইজ বস্তুর সাইজের $\frac{2}{3}$. প্রতিবিম্বের অবস্থান, লেন্সের প্রকৃতি এবং লেন্সের ফোকাস-দূরত্ব নির্ণয় কর।

[A lens, placed 20 inches away from an object, produced a virtual image whose size is $\frac{2}{3}$ that of the object. Find the position of the image, the nature and focal length of the lens.]

উঃ। এস্থলে বিবর্ধন $m = \frac{2}{3} = \frac{v}{u}$ $\quad\therefore\quad 2u = 3v$

কিন্তু প্রশ্নে আছে $u = 20$ inches ; কাজেই $v = \frac{40}{3}$ inches, যেহেতু বিম্ব অসদ্ কাজেই প্রতিবিম্ব-দূরত্ব ধনাত্মক। এখন,

$$\frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$$

$$\frac{3}{40}-\frac{1}{20}=\frac{1}{f}$$

$$\therefore \quad f=40 \text{ inches.}$$

ফোকাস-দূরত্ব ধনাত্মক হওয়ায় বোঝা যায় যে লেন্সটি অবতল। তাছাড়া পূর্বেই নির্ণীত হইয়াছে প্রতিবিম্ব লেন্সের একই দিকে $\frac{40}{3}=13{\cdot}3$ inches দূরে অবস্থিত।

7. 6 cm. ফোকাস-দূরত্বের একখানি উত্তল লেন্স একটি আলোক-উৎসের তিনগুণ বিবর্ধিত সদ্ প্রতিবিম্ব গঠন করিল। আলোক-উৎসের অবস্থান নির্ণয় কর।

[A convex lens of 6 cm. focal length forms a real image of a source of light, three times magnified. What is the position of the source ?] [H. S. (Comp.), 1962]

উঃ। এক্ষেত্রে, বিবর্ধন, $m=\frac{v}{u}=3$ or, $v=3u$.

এখন, উত্তল লেন্স সদ্-বিম্ব গঠন করিলে আমরা লিখিতে পারি,

$$\frac{1}{v}+\frac{1}{u}=\frac{1}{f}$$

$$\text{or,} \quad \frac{1}{3u}+\frac{1}{u}=\frac{1}{6}$$

$$\text{or,} \quad \frac{4}{3u}=\frac{1}{6} \qquad \therefore \quad u=8 \text{ cm.}$$

অর্থাৎ আলোক-উৎসের দূরত্ব হইল 8 cm.

8. 5 inches ফোকাস-দৈর্ঘ্যযুক্ত একটি উত্তল-লেন্সের অক্ষের উপর লম্বালম্বি একটি তীর রাখা আছে। তীরটির মধ্যবিন্দু লেন্স হইতে 9·5 inches দূরে এবং তীরটির দৈর্ঘ্য 1 inch. তীরটির প্রতিবিম্বের দৈর্ঘ্য নির্ণয় কর।

[A convex lens of 5 inches focal length forms an image of an arrow which lies along the axis of the lens with its middle point 9·5 inches from the lens. The length of the arrow is 1 inch. Find the length of its image.]

উঃ। লেন্স হইতে তীরটির নিকট-বিন্দুর দূরত্ব$=9{\cdot}5-0{\cdot}5=9$ inches.

এখন, আমরা জানি, $\frac{1}{v}-\frac{1}{u}=\frac{1}{f}$; এক্ষেত্রে $\frac{1}{v}-\frac{1}{9}=-\frac{1}{5}$ or, $\frac{1}{v}=\frac{1}{9}-\frac{1}{5}=-\frac{4}{45}$

$\therefore \; v=-11{\cdot}25$ inches. অর্থাৎ নিকট-বিন্দুর প্রতিবিম্ব লেন্স হইতে 11·25 inches দূরে গঠিত হইবে।

আবার, তীরটির দূর-বিন্দুর দূরত্ব$=9{\cdot}5+0{\cdot}5=10$ inches.

এক্ষেত্রে, $\frac{1}{v}-\frac{1}{10}=-\frac{1}{5}$ or, $\frac{1}{v}=\frac{1}{10}-\frac{1}{5}=-\frac{1}{10}$

$\therefore \quad v=-10$ inches.

অর্থাৎ দূর-বিন্দুর প্রতিবিম্ব লেন্স হইতে 10 inches দূরে গঠিত হইবে।

অতএব, তীরটির প্রতিবিম্বের দৈর্ঘ্য $=11{\cdot}25-10=1{\cdot}25$ inches.

9. একটি বস্তুকে কোন উত্তল লেন্সের সম্মুখে এমন জায়গায় রাখা হইল যে উহার সমান সাইজের একটি সদ্‌বিম্ব গঠিত হইল। অতঃপর বস্তুটিকে লেন্সের দিকে 16 cm. সরানো হইল। বিম্ব তখনও সদ্‌ থাকিল; কিন্তু আকারে তিন গুণ হইল। লেন্সের ফোকাস-দূরত্ব কত?

[An object is placed in front of a conxex lens at such a distance away that the lens formed a real image of same size. Then the object is moved 16 cm. towards the lens. The image still remains real but is magnified three times. What is the focal length of the lens ?]

উঃ। আমরা জানি যে সমান সাইজের সদ্‌বিম্ব হইতে গেলে বস্তু লেন্স হইতে $2f$ দূরে রাখিতে হইবে। [f = লেন্সের ফোকাস-দূরত্ব]

বস্তুকে 16 cm. সরানো হইলে বস্তু-দূরত্ব $=2f-16$.

যেহেতু বিম্বের আকার তিন গুণ, কাজেই,

$$\frac{v}{u}=\frac{v}{2f-16}=3$$

$$\therefore \quad v=3(2f-16)$$

এখন লেন্সের সূত্র হইতে আমরা জানি,

$$\frac{1}{v}-\frac{1}{u}=\frac{1}{f}$$

এক্ষেত্রে v এবং f উভয়েই ঋণাত্মক। কাজেই,

$$-\frac{1}{v}-\frac{1}{u}=-\frac{1}{f}$$

$$\text{or,} \quad -\frac{1}{3(2f-16)}-\frac{1}{2f-16}=-\frac{1}{f}$$

$$\text{or,} \quad \frac{4}{3(2f-16)}=\frac{1}{f}$$

or, $6f-48=4f$

or, $2f=48$

$\therefore \quad f=24$ cm.

10. একটি বস্তু এবং একটি পর্দা পরস্পর হইতে কিছু দূরে অবস্থিত। উহাদের মধ্যে একটি উত্তল লেন্স রাখিয়া দেখা গেল যে লেন্সের দুইটি অবস্থান পাওয়া যায় যখন বস্তুর একটি করিয়া স্পষ্ট প্রতিবিম্ব পর্দায় গঠিত হয়। যদি লেন্সটির দুই অবস্থানের ভিতরকার দূরত্ব x এবং দুই অবস্থানে প্রতিবিম্বের বিবর্ধন m_1 এবং m_2 হয় তবে প্রমাণ কর যে লেন্সের ফোকাস-দূরত্ব $f=\frac{x}{m_1-m_2}$

[An object is placed at a certain distance away from a screen. A convex lens situated between them can be placed in two positions, for each of which a sharp image of the object is formed on the screen. If the distance between the two positions of the lens be x and the magnification be m_1 and m_2, then prove that, the focal length of the lens, $f=\frac{x}{m_1-m_2}$.]

উঃ। পর্দায় প্রতিবিম্ব হওয়াতে প্রতিবিম্ব সদ্ এবং সদ্ প্রতিবিম্বের বেলাতে আমরা লিখিতে পারি,

$$\frac{1}{v}+\frac{1}{u}=\frac{1}{f}$$

ধর, প্রথম ক্ষেত্রে বস্তু ও প্রতিবিম্ব দূরত্ব যথাক্রমে v_1 এবং u_1 অতএব

$$\frac{1}{v_1}+\frac{1}{u_1}=\frac{1}{f}$$

$$\text{or,}\quad 1+\frac{v_1}{u_1}=\frac{v_1}{f}$$

$$\text{or,}\quad 1+m_1=\frac{v_1}{f}\ldots(1)$$

[কারণ, বিবর্ধন $m_1=\frac{v_1}{u_1}$]

দ্বিতীয় ক্ষেত্রে, বস্তু এবং প্রতিবিম্ব দূরত্ব যথাক্রমে v_2 এবং u_2 হইলে,

$$\frac{1}{v_2}+\frac{1}{u_2}=\frac{1}{f}$$

$$\text{or,}\quad 1+\frac{v_2}{u_2}=\frac{v_2}{f}$$

$$\text{or,}\quad 1+m_2=\frac{v_2}{f}\ldots(2)$$

দুই সমীকরণ বিয়োগ করিলে,

$$m_1-m_2=\frac{(v_1-v_2)}{f}$$

কিন্তু $v_1 - v_2 = x$; অতএব

$$m_1 - m_2 = \frac{x}{f}$$

$$\text{or,}\quad f = \frac{x}{m_1 - m_2}$$

অনুশীলনী

1. 2 cm. উচ্চ একটি বস্তুকে উত্তল লেন্স হইতে যথাক্রমে (*a*) 15 cm. এবং (*b*) 50 cm. দূরে রাখা হইল। লেন্সের ফোকাস-দূরত্ব 20 cm. হইলে উভয় ক্ষেত্রে প্রতিবিম্বের অবস্থান, সাইজ ও প্রকৃতি নির্ণয় কর।

[An object, 2 cm. high, is placed respectively at a distance of (a) 15 cm. and (b) 50 cm. from a convex lens of focal length 20 cm. Determine the position, size and nature of the image in the two cases.] [উঃ (*a*) 60 cm. ; 8 cm. ; অসদ্
(*b*) 33·3 cm. ; 1·33 cm. ; সদ্]

2. পূর্বের প্রশ্নে লেন্স উত্তল না হইয়া অবতল হইলে কি হইবে ?

[In the above question, if the lens be a concave one, instead of being convex, what will be the corresponding values ?]
[উঃ (*a*) 8·57 cm. ; 1·14 ; অসদ্ (*b*) 14·3 cm. ; 0·57 অসদ্]

3. একটি বস্তু হইতে 4 cm. দূরে একটি উত্তল লেন্স রাখা আছে। লেন্সের ফোকাস-দূরত্ব 5 cm. হইলে প্রতিবিম্বের অবস্থান ও বিবর্ধন নির্ণয় কর।

[An object is placed at a distance of 4 cm. from a convex lens. If the focal length of the lens be 5 cm., find the position and magnification of the image.] [উঃ 20 cm. ; 5]

4. 12 cm. ফোকাস-দূরত্বসম্পন্ন অবতল লেন্স হইতে একটি বস্তুকে 60 cm. দূরে রাখা হইল। প্রতিবিম্বের অবস্থান ও বিবর্ধন নির্ণয় কর।

[An object is placed at a distance of 60 cm. from a concave lens. If the focal length of the lens be 12 cm., find the position and magnification of the image.] [উঃ 10 cm. ; 0·166]

5. 12 inches ফোকাস দূরত্বসম্পন্ন একটি লেন্সকে 3″ × 3″ সাইজের একটি বস্তুর প্রতিবিম্ব পর্দায় ফেলিবার জন্য ব্যবহার করা হইল। লেন্স হইতে পর্দার দূরত্ব 25 ft. হইলে বস্তুটি কোথায় রাখিতে হইবে ? প্রতিবিম্বের সাইজ কত হইবে ? লেন্সটির কি ধরনের হইতে হইবে ?

[A lens of focal length 12 inches is used to form an image of an object of size 3″ × 3″ on a screen. If the screen is at a distance of 25 ft. from the lens, where the object is to be placed? What will be the size of the image? What will be the nature of the lens?] [উ: 1·04 ft.; 72″ × 72″; উত্তল]

6. 1 cm. উচ্চ একটি বস্তুকে একটি অবতল লেন্স হইতে 30 cm. দূরে রাখা হইল। লেন্সটির ফোকাস-দূরত্ব 15 cm. হইলে প্রতিবিম্বের সাইজ কত হইবে?

[An object, 1 cm. high, is placed in front of a concave lens at a distance of 30 cm If the focal length of the lens is 15 cm, what will be the size of the image?] [উ: $\frac{1}{3}$ cm.]

7. 30 cm ফোকাস-দূরত্বসম্পন্ন কোন উত্তল লেন্স হইতে কতদূরে বস্তু রাখিলে উহার তিনগুণ বিবর্ধিত প্রতিবিম্ব পাওয়া যাইবে? প্রতিবিম্বের অবস্থান ও প্রকৃতি নির্ণয় কর।

[At what distance in front of a convex lens of focal length 30 cm. an object should be placed so as to obtain an image three times magnified? Find the position and nature of the image.] [উ: (i) 20 cm.; 60 cm.; অসদ্
(ii) 40 cm.; −120 cm.; সদ্]

8. কোন বস্তুকে একটি উত্তল লেন্স হইতে 15 cm. দূরে রাখিলে দ্বিগুণ সাইজের সদ্ বিম্ব তৈয়ারী হয়। উক্ত লেন্স হইতে বস্তুটি কত দূরে রাখিলে দ্বিগুণ সাইজের অসদ্ বিম্ব তৈয়ারী হইবে?

[When an object is placed 15 cm. from a convex lens, a real image double the size of the object is formed. How far from the lens should the object be placed to form a virtual image of double the size?] [উ: 5 cm.]

9. 2 inches উচ্চ একটি বস্তুকে 7 inches ফোকাস-দূরত্বসম্পন্ন উত্তল লেন্স হইতে যথাক্রমে (i) 4 inches এবং (ii) 10 inches দূরে রাখা হইল। প্রতিবিম্বের অবস্থান, সাইজ ও প্রকৃতি নির্ণয় কর।

[An object, 2 inches high, is placed respectively at a distance of (i) 4 inches and (ii) 10 inches from a convex lens of focal length 7 inches. Find the position, size and nature of the image in the two cases.] [উ: (i) $9\frac{1}{3}$″, $4\frac{2}{3}$″, অসদ্
(ii) $-23\frac{1}{3}$″, $4\frac{2}{3}$, সদ্]

10. একটি বস্তু লেন্স হইতে 60 cm. দূরে অবস্থিত এবং উহার একটি প্রতিবিম্ব লেন্সের অপর পার্শ্বে 300 cm. দূরে গঠিত হইল। এইবার লেন্সটিকে 20 cm. (i) বস্তুর দিকে এবং (ii) বস্তু হইতে দূরে সরাইলে প্রতিবিম্ব কতখানি সরিবে নির্ণয় কর।

[An object situated 60 cm. from a lens has an image on the other side of the lens at a distance of 300 cm. If the lens be now moved through 20 cm. (i) towards the object and (ii) away from the object, what will be the displacements of the image ?]

[উঃ (i) 500 cm. (ii) 166·66 cm.]

11. 1 cm. উচ্চ একটি বস্তুকে একটি অবতল লেন্স হইতে 1 metre দূরে রাখা হইল। অবতল লেন্সের পিছনে এবং 5 cm. দূরে একই অক্ষের উপর একটি উত্তল লেন্স রাখা আছে। উভয় লেন্সের ফোকাস-দূরত্ব 10 cm. হইলে প্রতিবিম্বের অবস্থান এবং সাইজ নির্ণয় কর।

[An object, 1 cm high, is placed in front of a concave lens at a distance of 1 metre. Behind the concave lens and on the same axis is placed a convex lens at a distance of 5 cm. from the concave lens. If the focal lengths of both the lenses are 10 cm., find the position and size of the final image.]

[উঃ উত্তল লেন্স হইতে 34·4 cm. পশ্চাতে ; $\frac{2}{9}$ cm.]

12. কোন উত্তল লেন্স হইতে 6 Inches দূরে একটি বস্তু রাখিলে উহার তিন গুণ উল্টা প্রতিবিম্ব তৈয়ারী হয়। লেন্স হইতে বস্তুকে কত দূরে রাখিলে চার গুণ সোজা প্রতিবিম্ব তৈয়ারী হইবে ?

[When an object is placed 6 inches from a convex lens, an inverted image three times magnified is formed. How far the object must be placed from the lens so as to produce an erect image four times magnified ?] [উঃ 3·37 inches]

13. 4 cm. উচ্চ একটি বস্তুকে 20 cm. ফোকাস-দৈর্ঘ্যবিশিষ্ট একটি উত্তল লেন্সের সম্মুখে অক্ষের উপর খাড়াভাবে 100 cm. দূরে রাখা আছে। প্রতিবিম্বের অবস্থান, প্রকৃতি ও সাইজ নির্ণয় কর।

[An object, 4 cm long is placed 100 cm. in front of a convex lens of focal length 20 cm. and perpendicular to the axis of the lens. What is the position, nature and size of the image ?]

[H. S. (Comp.), 1960] [উঃ 25 cm. ; সদ্ ; 1 cm.]

14. 10 cm. ফোকাস-দূরত্বের একটি উত্তল লেন্স হইতে 30 cm. দূরে একটি

বস্তু আছে। উহার প্রতিবিম্ব কোথায় হইবে ? প্রতিবিম্বের প্রকৃতি কি হইবে ? প্রতিবিম্বের বিবর্ধন কি হইবে ?

[An object is placed 30 cm. in front of a convex lens of focal length 10 cm. Where will be the image formed ? State the nature of the image. How many times is the image magnified or diminished ?] [H. S. Exam., 1961] [উ: 15 cm. ; সদ্ ; $\frac{1}{2}$]

15. একটি বস্তুকে একটি লেন্স হইতে 3 ft. দূরে রাখা হইল এবং তাহার প্রতিবিম্ব লেন্সের অপর পার্শ্বে 1 ft. দূরে গঠিত হইল। লেন্সটির ফোকাস-দৈর্ঘ্য কত এবং উহা কি ধরনের লেন্স ?

[An object is placed at a distance of 3 ft. in front of a lens and the image is found 1 ft. behind the lens. What is the focal length of the lens ? And what kind of lens is it ? [উ: 9" : উত্তল]

16. একটি উত্তল লেন্স কোন বস্তুর 1·5 গুণ বিবর্ধিত প্রতিবিম্ব গঠন করিল। বস্তু এবং পর্দা ঠিক রাখিয়া লেন্সকে পূর্ব অবস্থান হইতে 25 cm. সরাইলে পর্দার উপর পুনরায় স্পষ্ট 0·5 গুণ বিবর্ধিত প্রতিবিম্ব পড়িল। লেন্সের ফোকাস-দৈর্ঘ্য কত ?

[A convex lens forms an image of an object, the magnification being 1·5. The object and the screen are kept fixed and the lens is moved through 25 cm , when a sharp image 0·5 times magnified is again formed on the screen. Find the focal length of the lens.] [উ: 25 cm.]

17. 80 cm. ফোকাস-দৈর্ঘ্যের একটি উত্তল লেন্স হইতে 20 cm. দূরে একটি বস্তু রাখা হইল। বস্তুর দৈর্ঘ্য 14 cm. হইলে প্রতিবিম্বের প্রকৃতি ও সাইজ নির্ণয় কর।

[An object 14 cm. in length is placed in front of a convex lens of focal length 80 cm. What is the nature and size of the image, if the object distance is 20 cm. ?] [উ: অসদ্ ; 18·6 cm.]

18. একটি বাতি হইতে 18" দূরে একটি পর্দা আছে। 4" ফোকাস-দৈর্ঘ্যের একটি উত্তল লেন্সকে কোথায় রাখিলে পর্দায় স্পষ্ট প্রতিবিম্ব গঠিত হইবে ?

[A screen is placed 18" from a lamp. Where should a convex lens of 4" focal length be placed so as to cast a clear image on the screen ?] [H. S. Exam., 1966] [উ: 6" বা 12"]

19. একটি অবতল লেন্সের ফোকাস-দৈর্ঘ্য 20 cm. ; উহার ক্ষমতা কত ?

[A concave lens has a focal length of 20 cm. What is its power ?] উ: –5D]

দ্বিতীয় খণ্ড

[একাদশ শ্রেণীর জন্য]

সাধারণ পদার্থ বিজ্ঞান

প্রথম পরিচ্ছেদ

বলবিজ্ঞান ও স্থিতিস্থাপকতা

**প্রশ্ন ১। নিম্নলিখিত রাশিগুলির সংজ্ঞা লিখ: (i) দ্রুতি, (ii) বেগ ও (iii) ত্বরণ। দ্রুতি ও বেগের মধ্যে তফাত কি? নিম্নলিখিত সমীকরণ দুইটি প্রমাণ কর: (a) $v=u+ft$ এবং (b) $S=ut+\frac{1}{2}ft^2$.

[Define the following terms : (i) Speed, (ii) Velocity and (iii) Acceleration. What is the difference between speed and velocity ? Establish the following equations (a) $v=u+ft$ and (b) $S=ut+\frac{1}{2}ft^2$.]

উঃ। (i) **দ্রুতি**: গতিশীল বস্তুর অবস্থান পরিবর্তনের হারকে দ্রুতি বলে এবং একক সময়ে ঐ বস্তু যে পথ অতিক্রম করিবে তাহা দ্রুতির পরিমাণ।

(ii) **বেগ**: কোন বিশেষ দিকে গতিশীল বস্তুর অবস্থান পরিবর্তনের হারকে বেগ বলে।

(iii) **ত্বরণ**: বেগ পরিবর্তনের হারকে ত্বরণ বলে। একক সময়ে কোন বস্তু যতখানি করিয়া বেগ পরিবর্তন করিবে তাহাই বস্তুর ত্বরণের পরিমাণ।

দ্রুতি ও বেগের তফাত: বস্তুর বেগ বুঝাইবার জন্য মান (magnitude) ও দিক্ (direction) উভয়ের প্রয়োজন, কিন্তু দ্রুতি বুঝাইতে দিকের প্রয়োজন হয় না, মান দিয়াই উহা নির্দিষ্ট হয়। যদি কোন বস্তু চক্রাকার পথে এমনভাবে আবর্তিত হয় যে নির্দিষ্ট সময়ে নির্দিষ্ট দৈর্ঘ্যের চাপ (arc) অতিক্রম করিতেছে তবে উহার দ্রুতি সর্বদা সমান কিন্তু বেগ সর্বদা সমান নয়; কারণ চক্রাকার পথে ঘুরিবার সময় প্রতি মুহূর্তে বস্তুর দিক্ পরিবর্তন হইবে।

সমীকরণ প্রমাণ:

(a) বস্তুর প্রারম্ভিক বেগ $=u$ এবং অন্তিমবেগ $=v$; এখন, বস্তুর ত্বরণ 'f' অর্থ এই যে প্রতি এক সেকেণ্ড সময়ে বস্তুর বেগ পরিবর্ধিত হইতেছে 'f' করিয়া।

সুতরাং 't' সেকেণ্ড পরে উহার মোট বেগ পরিবর্তন $=f.t.$ কাজেই, 't' সেকেণ্ড পরে বস্তুর মোট বেগের পরিমাণ $v=u+ft.$

(b) যদি বস্তুর প্রারম্ভিক বেগ 'u' হয় তবে t সেকেণ্ড পরে উহার বেগ হইবে $u+ft.$ ইহা আমরা পূর্বেই দেখিয়াছি। এখন উক্ত 't' সময় ধরিয়া বস্তুর গড় বেগ (average velocity) $=\frac{u+(u+ft)}{2}=u+\frac{1}{2}ft$; এখন আমরা মনে করিতে পারি যে বস্তু পরিবর্তনশীল বেগ লইয়া চলিতেছে না—সমবেগ লইয়া চলিতেছে এবং গড় বেগ হইল ঐ সমবেগ।

সুতরাং 't' সময়ে অতিক্রান্ত পথ $S=$ গড় বেগ $\times$ সময়

$$=(u+\tfrac{1}{2}ft)\times t$$
$$=ut+\tfrac{1}{2}ft^2$$

প্রশ্ন ২। **নিম্নলিখিত সমীকরণ দুইটি প্রমাণ কর :

(a) $v^2=u^2+2f.s$ এবং (b) $S_t=u+\frac{1}{2}f(2t-1).$

$S_t=t^{th}$ সেকেণ্ডে অতিক্রান্ত পথ।

[**Prove the following equations : (a) $v^2=u^2+2f.s$ and (b) $S_t=u+\frac{1}{2}f.(2t-1)$, S_t being the distance travelled in t^{th} second.**]

উঃ। (a) প্রারম্ভিক বেগ u এবং ত্বরণ f সহ কোন গতিশীল বস্তুর বেলাতে নিম্নলিখিত সমীকরণ আমরা পূর্বেই দেখিয়াছি—

(i) $v=u+ft.$

(ii) $s=ut+\frac{1}{2}ft^2.$

এখন, প্রথম সমীকরণটির বর্গ লইলে আমরা পাই

$$v^2=(u+ft)^2$$
$$=u^2+2uft+f^2.t^2$$
$$=u^2+2f(ut+\tfrac{1}{2}ft^2)$$
$$=u^2+2f.s \quad \text{[দ্বিতীয় সমীকরণের সাহায্যে]}$$

(b) S_t = t^{th} সেকেণ্ডে অতিক্রান্ত পথ

= t সেকেণ্ডে অতিক্রান্ত পথ – $(t-1)$ সেকেণ্ডে অতিক্রান্ত পথ।

$= ut + \frac{1}{2}ft^2 - \{u(t-1) + \frac{1}{2}f(t-1)^2\}$

$= ut + \frac{1}{2}ft^2 - (ut - u + \frac{1}{2}ft^2 - ft + \frac{1}{2}f)$

$= u + ft - \frac{1}{2}f$

$= u + \frac{1}{2}f(2t-1)$

প্রশ্ন ৩। নিউটনের গতিসূত্র বর্ণনা কর এবং কিরূপে প্রথম সূত্র হইতে বলের সংজ্ঞা এবং দ্বিতীয় সূত্র হইতে বলের পরিমাণ পাওয়া যায় বুঝাইয়া দাও।

[State Newton's laws of motion and show how from the first we obtain a definition of force and from the second a measure of force.) [*cf.* **H. S. Exam., 1961. '64 (Comp.)**]

উঃ। নিউটনের গতিসূত্র :

নিম্নবর্ণিত তিনটি সূত্রকে নিউটনের গতিসূত্র বলা হয়—

(1) বাহির হইতে প্রযুক্ত বলদ্বারা অবস্থার পরিবর্তন না করিলে স্থির বস্তু চিরকাল স্থির অবস্থাতেই থাকিবে এবং সচল বস্তু সমবেগে সরলরেখা অবলম্বন করিয়া চলিতে থাকিবে।

(2) কোন বস্তুর ভর-বেগের (momentum) পরিবর্তনের হার বস্তুটির উপর প্রযুক্ত বলের সমানুপাতিক এবং বল যে-অভিমুখে প্রযুক্ত হয় ভর-বেগের পরিবর্তন সেই অভিমুখে ঘটে।

(3) প্রত্যেক ক্রিয়ারই সমান ও বিপরীত প্রতিক্রিয়া (reaction) আছে।

বলের সংজ্ঞা :

প্রথম সূত্র হইতে আমরা জানিতে পারি যে কোন বস্তু স্থির থাকিলে তাহা আপনা হইতে সচল হইতে পারে না ; আবার যাহা সচল তাহা আপনা হইতে স্থির অবস্থায় আসিতে পারে না। অর্থাৎ বস্তুর ধর্মই হইল স্থিতি বা গতি সম্বন্ধীয় অবস্থা বজায় রাখা এবং বস্তুর এই অবস্থার পরিবর্তন হইবে তখনই যখন বাহির হইতে উহার উপর 'কিছু' প্রয়োগ করা হয়। ইহাকেই বল বলে—অর্থাৎ বাহির হইতে যাহা প্রয়োগ করিয়া বস্তুর অবস্থার পরিবর্তন করা

হয় বা পরিবর্তন করিবার চেষ্টা করা হয় তাহাই বল। সুতরাং প্রথম গতিসূত্র হইতে আমরা বলের সংজ্ঞা পাই।

বলের পরিমাপ :

'm' ভরসম্পন্ন কোন বস্তুর উপর কোন বল ক্রিয়া করিয়া 'f' ত্বরণ উৎপন্ন করিলে উক্ত বলের পরিমাপ$=m\times f=$ভর$\times$ত্বরণ। বলের এই পরিমাপ নিউটনের দ্বিতীয় গতিসূত্র হইতে পাওয়া যায়।

ধরা যাউক, বস্তুটির প্রারম্ভিক বেগ u এবং t সময় পরে বেগ v ; উক্ত t সময় ধরিয়া কোন বল P বস্তুর উপর ক্রিয়া করিল। t অবকাশে বস্তুর ভরবেগের পরিবর্তন$=mv-mu.$

$$\therefore \text{ ভরবেগ পরিবর্তনের হার}=\frac{mv-mu}{t}=\frac{m(v-u)}{t}=mf$$

$$\left[\text{কারণ, ত্বরণ } f=\frac{v-u}{t}\right]$$

দ্বিতীয় সূত্রানুযায়ী প্রযুক্ত বল ভরবেগে পরিবর্তনের হারের সমানুপাতিক। অর্থাৎ $P\propto mf.$

$$\therefore \quad P=k.\ m.\ f.\ [\ k=\text{ধ্রুবক (constant)}\ ]$$

এখন যদি মনে করা যায় যে একক ভরের উপর প্রযুক্ত হইয়া যে বল একক ত্বরণ উৎপন্ন করিবে তাহাকে আমরা এক একক বল বলিব তবে উপরোক্ত সমীকরণে $P=1$, $m=1$, এবং $f=1$, সুতরাং $k=1.$

অতএব একক বলের উপরোক্ত সংজ্ঞা অনুযায়ী $P=mf.$

প্রশ্ন 8। নিউটনের তৃতীয় সূত্র উল্লেখ কর এবং উহা ব্যাখ্যা কর।

দুইটি বালক একটি দড়ি লইয়া প্রত্যেকে 50 lb wt. বলপ্রয়োগ করিয়া দড়ি টানাটানি করিতেছে। দড়িতে কত টান পড়িবে ?

[State and explain Newton's third law of motion.

Two boys pull the two ends of a rope as in a tug-of-war each with the force of 50 lb wt. What is the tension in the rope ?] [H. S. Exam., 1964]

উঃ। প্রথম অংশ : 5নং প্রশ্ন দ্রষ্টব্য।

দ্বিতীয় অংশ : দড়িতে 50 lb wt. টান পড়িবে। কারণ প্রত্যেক বালকের 50 lb wt. ক্রিয়া দড়ির মাধ্যমে অপর বালকের উপর পড়িতেছে।

****প্রশ্ন ৫। বলের বিভিন্ন এককগুলি বুঝাইয়া দাও। বস্তুর ওজন বলিতে কি বোঝ? ভর ও ওজনের মধ্যে পার্থক্য কি?**

[Explain the different units of force. What do you understand by the weight of a body? Distinguish between weight and mass of a body.] [cf. H. S. Exam., 1961]

উঃ। বলের একক :

বলের একক দুইভাগে বিভক্ত : চরম একক ও মহাকর্ষীয় একক।

চরম একক :

সি. জি. এস্. পদ্ধতিতে বলের চরম একককে বলা হয় ডাইন (dyne)—এক গ্র্যাম ভরের উপর ক্রিয়া করিয়া প্রতি বর্গ সেকেণ্ডে এক সেণ্টিমিটার ত্বরণ উৎপন্ন করে যে বল তাহাই ডাইন।

এফ্. পি. এস্. পদ্ধতিতে বলের চরম একককে বলা হয় পাউণ্ডাল (poundal)—এক পাউণ্ড ভরের উপর ক্রিয়া করিয়া প্রতি বর্গ সেকেণ্ডে এক ফুট ত্বরণ উৎপন্ন করে যে বল তাহাই পাউণ্ডাল।

মহাকর্ষীয় একক :

সি. জি. এস্. পদ্ধতিতে বলের মহাকর্ষীয় একককে গ্র্যাম-ভার (gm weight) বলে। এক গ্র্যাম ভরসম্পন্ন বস্তু যে-বলের দ্বারা পৃথিবী কর্তৃক আকর্ষিত হয় তাহাই গ্র্যাম-ভার। এফ্. পি. এস্. পদ্ধতিতে বলের মহাকর্ষীয় একককে পাউণ্ড-ভার (lb-weight) বলে। এক পাউণ্ড ভরসম্পন্ন বস্তু যে বলের দ্বারা পৃথিবী কর্তৃক আকর্ষিত হয় তাহাই পাউণ্ড-ভার।

ওজন : প্রত্যেক বস্তুকে পৃথিবী অভিকর্ষজ বলের (force of gravity) দ্বারা নিজের কেন্দ্রের দিকে টানিতেছে। কোন বস্তুকে হাতের উপর রাখিলে এই অভিকর্ষের দরুন হাতের উপর একটি নিম্নাভিমুখী বল অনুভূত হয়। এই বলকেই আমরা বস্তুর ওজন বা ভার বলি। অর্থাৎ বস্তুর উপর পৃথিবী মোট যে অভিকর্ষজ বল প্রয়োগ করে তাহাই বস্তুর ওজন।

ভর ও ওজনের পার্থক্য :

বস্তুর ভর ও ওজনের ভিতর পার্থক্য আছে। 'ভর' বলিতে বস্তুতে যতটা জড় (matter) থাকে তাহাকে বুঝায় কিন্তু ওজন বলিলে বস্তুর উপর প্রযুক্ত অভিকর্ষজ বল বুঝায়। বস্তুকে যেখানেই লইয়া যাওয়া হউক না কেন উহার ভর সর্বদা অপরিবর্তিত থাকে কিন্তু ওজন একটি পরিবর্তনশীল জিনিস। পৃথিবীর আকর্ষণ না থাকিলে বস্তুর ওজন থাকিবে না, কিন্তু ভর থাকিবেই। বস্তুর ওজন অভিকর্ষজ ত্বরণ (acceleration due to gravity) 'g'-এর উপর নির্ভরশীল। পৃথিবীর কেন্দ্রে $g=0$ অর্থাৎ ঐ স্থানে সকল বস্তু ভারহীন। ওজনের পরিমাণ ও অভিমুখ থাকায় ইহা ভেক্টর রাশি কিন্তু ভরের শুধু পরিমাপ থাকায় ইহা স্কেলার রাশি। ভরের একক হইল গ্র্যাম বা পাউণ্ড ; কিন্তু ওজনের একক হইবে ডাইন বা পাউণ্ডাল।

প্রশ্ন ৬। ক্রিয়া এবং প্রতিক্রিয়া কাহাকে বলে? উহারা কি একই বস্তুর উপর ক্রিয়া করে? উদাহরণ সহযোগে ব্যাখ্যা কর।

'যখনই কোন বস্তুর উপর অসম বল ক্রিয়া করিবে তখন বস্তুর ত্বরণ সৃষ্টি হইবে এবং যখন সমবল ক্রিয়া করিবে তখন বস্তুর বিকৃতি হইবে।' এই উক্তি দ্বারা তুমি কি বুঝিলে তাহা মাটির উপর রক্ষিত একটি বস্তুর উদাহরণ লইয়া ব্যাখ্যা কর।

[What are action and reaction? Do they act on the same body? Illustrate your answer.

'An unbalanced force produces acceleration; while balanced forces produce deformation'. Explain what you understand by the statement in reference to a body resting on the floor.] [H. S. (Comp.), 1963]

উঃ। ক্রিয়া এবং প্রতিক্রিয়া কার্যত বলের অন্য নাম। যদি একটি বস্তু A অপর একটি বস্তু B-এর উপর বল প্রয়োগ করে তবে নিউটনের তৃতীয় গতিসূত্রানুযায়ী B-বস্তু A-বস্তুর উপর সমান কিন্তু বিপরীতমুখী একটি বল প্রয়োগ করিবে। এক্ষেত্রে A কর্তৃক প্রযুক্ত বলকে বলা হয় ক্রিয়া এবং B কর্তৃক প্রযুক্ত বলকে বলা হয় প্রতিক্রিয়া। ক্রিয়া এবং প্রতিক্রিয়া একই বস্তুর

উপর ক্রিয়া করে না—দুইটি বিভিন্ন বস্তুর উপর ক্রিয়া করে। ধর, একটি গাছের সঙ্গে একটি দড়ি বাঁধা আছে এবং দড়ির অপর প্রান্ত ধরিয়া একজন লোক দড়িটি টানিতেছে। এক্ষেত্রে ব্যক্তি কর্তৃক দড়ির মাধ্যমে গাছের উপর প্রযুক্ত বল হইল ক্রিয়া। গাছও দড়ির মাধ্যমে ব্যক্তির উপর সমান ও বিপরীত-মুখী বলপ্রয়োগ করিবে। ইহাকে বলা হইবে প্রতিক্রিয়া। অতএব এক্ষেত্রে, ক্রিয়া গাছের উপর এবং প্রতিক্রিয়া ব্যক্তির উপর কাজ করিতেছে।

শেষাংশ: বস্তুর উপর যখন কোন অসম বল ক্রিয়া করে তখন বস্তু ঐ অসম বলের দরুন গতিশীল হয়। কিন্তু বস্তুর উপর এমনভাবে বলপ্রয়োগ করা যাইতে পারে যে বস্তু গতিশীল হইল না কিন্তু বস্তুর আকারের বিকৃতি হইল। ধর, একটি রবারের বল মাটিতে আছে। এখন যদি হঠাৎ বলটিকে ধাক্কা দেওয়া যায় তবে বলটি গতিযুক্ত হইবে এবং বলটিতে একটি ত্বরণের সৃষ্টি হইবে। এক্ষেত্রে বলটির উপর প্রযুক্ত ধাক্কাজনিত বল ছাড়া ঘর্ষণ বল এবং বায়ু কর্তৃক প্রদত্ত বাধাজনিত বল ক্রিয়া করে। শেষোক্ত দুইটি বল প্রথমোক্ত বলের বিরুদ্ধে কাজ করে। কিন্তু ধাক্কার বল এত বেশী যে উহা বিরুদ্ধ বল দুইটিকে কাটাইয়া উঠিতে পারে। ফলে রবার বলের উপর একটি অসম বল ক্রিয়া করে এবং নিউটনের দ্বিতীয় সূত্রানুযায়ী ধাক্কার বলের দিকে রবার বলটি চলিতে সুরু করে। কিন্তু ঐ বলটিকে ধাক্কা না দিয়া যদি আঙুল দিয়া চাপ দেওয়া যায়, তবে রবার বলটির আকারের বিকৃতি হইবে। এক্ষেত্রে চাপের ফলে বলের উপর একটি 'ক্রিয়া' (action) প্রযুক্ত হইল এবং উহা গিয়া পড়িল মাটির উপর। মাটি বলের মাধ্যমে আঙুলের উপরে সমান ও বিপরীতমুখী প্রতিক্রিয়া (reaction) প্রয়োগ করিবে। কাজেই রবার বলের উপর একটি 'সমবল সংস্থা' (a system of balanced forces) ক্রিয়া করিয়া বলটির আকারের বিকৃতি ঘটাইল। এই কারণে বলা হয় যে অসম বল ত্বরণ সৃষ্টি করে এবং সমবল বিকৃতি সৃষ্টি করে।

***প্রশ্ন ৭। গতি ও স্থিতি জাড্য বলিতে কি বোঝ? উদাহরণ সহযোগে ব্যাখ্যা কর।**

[What do you understand by inertia of rest and inertia of motion ? Explain with illustrations.] [H. S. Exam., 1966]

উঃ। নিউটনের প্রথম গতিসূত্র হইতে আমরা জানিতে পারি যে পদার্থ-মাত্রই জড়তাপ্রবণ। সচল জড় পদার্থ আপনা হইতে থামিতে পারে না বা স্থির বস্তু আপনা হইতে চলিতে পারে না। বস্তু একবার থামিলেই নড়িতে পারে না বা একবার চলিলে থামিতে পারে না। অর্থাৎ আপনা হইতে স্থিতি বা গতি অবস্থার পরিবর্তন করিবার ক্ষমতা জড় পদার্থের নাই। পদার্থের এই ধর্মকে জাড্য বলে। জাড্য দুই প্রকার: স্থিতিজাড্য—অর্থাৎ স্থির বস্তু চিরকাল স্থির থাকিবে এবং গতিজাড্য—অর্থাৎ গতিশীল বস্তু চিরকাল একই গতিতে একই দিকে চলিতে থাকিবে।

উদাহরণ:

স্থিতিজাড্য: (1) মনে কর তুমি একটি ট্রাম গাড়ীতে বসিয়া আছ। হঠাৎ বেগে গাড়ীটি চলিতে শুরু করিলে তুমি পিছনের দিকে হেলিয়া পড়িবে। ইহার কারণ স্থিতিজাড্য। গাড়ী যখন স্থির তখন তোমার দেহের নিম্ন ও উর্ধ্বাংশ উভয়ই স্থির। হঠাৎ সবেগে গাড়ী চলিতে শুরু করিলে তোমার দেহের নিম্নাংশ গাড়ীর সংলগ্ন বলিয়া সম্মুখের দিকে অগ্রসর হয় কিন্তু উর্ধ্বাংশ পূর্বের ন্যায় স্থির থাকিতে চেষ্টা করে। এই কারণে তোমার পিছনের দিকে পড়িয়া যাইবার সম্ভাবনা থাকিবে।

(2) ক্যারম খেলিবার সময় নিশ্চয়ই লক্ষ্য করিয়াছ যে যখন একটি ঘুঁটি আর একটির উপর থাকে তখন তলার ঘুঁটিকে সজোরে আঘাত করিলে উহা তৎক্ষণাৎ সরিয়া যায় কিন্তু উপরের ঘুঁটির কোন স্থানচ্যুতি হয় না। ইহাও স্থিতি-জাড্যের দরুন হইয়া থাকে। তলার ঘুঁটিটি দ্রুত সরিয়া যাওয়ায় উপরের ঘুঁটিটি উহার স্থিতি-জাড্য বজায় রাখে এবং টুপ্ করিয়া বোর্ডের উপর ঐ জায়গাই দখল করে।

গতি-জাড্য: (1) কোন অশ্বারোহী যদি দ্রুতবেগে অশ্ব চালনা করিতে থাকে এবং চলিতে চলিতে যদি কোন কারণে হঠাৎ ঘোড়াটি থামিয়া পড়ে তবে দেখা যায় যে অশ্বারোহী ঘোড়ার পিঠের উপর দিয়া সম্মুখের দিকে

ছিটকাইয়া পড়িয়াছে। ইহার কারণ গতি-জাড্য। চলন্ত অবস্থায় অশ্বারোহীর দেহের সব অংশ গতিশীল। কিন্তু ঘোড়া থামিবার সঙ্গে সঙ্গে অশ্বারোহীর দেহের নিম্নাংশ স্থির হয়। কিন্তু উর্ধ্বাংশ গতি-জাড্যের দরুন সম্মুখের দিকে অগ্রসর হইতে চায়। ফলে আরোহীর পড়িয়া যাইবার সম্ভাবনা থাকে।

(2) চলন্ত ট্রেনে বসিয়া যদি কোন জিনিস ঠিক উপরের দিকে ছুঁড়িয়া দেওয়া যায় তবে তাহা আবার হাতের উপরেই আসিয়া পড়ে। ইহা নিশ্চয়ই তোমরা দেখিয়াছ। ইহা গতি-জাড্যের দরুন হয়। জিনিসটি ট্রেনের সঙ্গে চলিতেছে বলিয়া সেই বেগে সরল রেখায় চলিতে চায়। সুতরাং উপরের দিকে ছুঁড়িলেও গতি-জাড্যের দরুন সম্মুখের দিকের বেগ অব্যাহত থাকে। যদি গতি-জাড্য বলিয়া কিছু না থাকিত তবে ছুঁড়িবার পর জিনিসটি পিছনে পড়িয়া থাকিত।

প্রশ্ন ৮। চলন্ত ট্রাম-গাড়ী বা ট্রেণ হইতে নামিবার সময় একটু পশ্চাতে ঝুঁকিবার প্রয়োজন হয় কেন ব্যাখ্যা কর। ভরবেগ কাহাকে বলে?

মেঝের উপর একটি চেয়ার রাখা আছে। উহাদের ভিতর ঘর্ষণ বল কখন ক্রিয়া করিবে? এই ঘর্ষণ বল কোথায় ক্রিয়া করিবে? এই বলের মান কি ধ্রুবক?

[Explain why you should lean backwards while getting down from a moving tram-car or a train? What is momentum?

A chair is resting on the floor. When would force due to friction act between them? Where does this force act? Is this force constant in magnitude?] [H. S. Exam., 1968]

উঃ। চলন্ত ট্রাম-গাড়ী বা ট্রেণ হইতে নামিবার সময় আরোহীকে একটু পিছনের দিকে ঝুঁকিতে হয় নতুবা তাহার সামনের দিকে হুমড়ি খাইয়া পড়িয়া যাইবার সম্ভাবনা থাকে। ইহার কারণ গতি-জাড্য। চলন্ত গাড়ীতে থাকার ফলে আরোহীর সমস্ত দেহই গতিশীল। কিন্তু মাটিতে পা দিবার সঙ্গে সঙ্গে

তাহার দেহের নিম্নাংশ স্থির হয় কিন্তু গতিজাড্যের দরুন উর্ধ্বাংশ সম্মুখের দিকে গতি বজায় রাখিবার চেষ্টা করে। ফলে, সম্মুখের দিকের ধাক্কা সামলাইবার জন্য তাহাকে পিছনের দিকে ঝুঁকিতে হয়।

ভর এবং বেগের সমন্বয়ে কোন গতিশীল বস্তুতে যে ধর্মের উৎপত্তি হয় তাহাকে ভরবেগ বলে এবং উহা বস্তুর ভর এবং বেগের গুণফলের সমান।

শেষাংশ : যখন কোন বস্তু অপর একটি বস্তুর সংস্পর্শে থাকিয়া চলিবার চেষ্টা করে বা চলিতে থাকে তখন উহাদের ভিতর ঘর্ষণ বল ক্রিয়া করে। সুতরাং চেয়ারটিকে মেঝের উপর দিয়া সরাইবার চেষ্টা করিলে অথবা সরাইলে উহাদের ভিতর ঘর্ষণ বল ক্রিয়া করিবে।

ঘর্ষণ বল মেঝের সমান্তরালভাবে চেয়ার যেদিকে গতিশীল হইবার চেষ্টা করিবে বা গতিশীল হইবে তাহার বিপরীত দিকে ক্রিয়া করিবে।

কয়েকটি বিষয়ের উপর নির্ভর করিয়া ঘর্ষণ বল একটু একটু করিয়া বৃদ্ধি পাইয়া সর্বোচ্চ মান লাভ করে এবং তখন একটি বস্তু অপর বস্তুর সংস্পর্শে থাকিয়া গতিশীল হইবার পূর্ব মুহূর্তে উপস্থিত হয়। তখন ঘর্ষণ বলের মান অপরিবর্তিত থাকে।

প্রশ্ন ৯। নিউটনের মহাকর্ষ সূত্র বল এবং উহার ব্যাখ্যা কর। 'মহাকর্ষীয় ধ্রুবক' কাহাকে বলে? উহার মান কত?

[State and explain Newton's law of gravitation. What is 'gravitational constant'? What is its value?]

উঃ। মহাকর্ষ সূত্র : এই বিশ্বের যে-কোন দুইটি বস্তুকণা পরস্পরকে আকর্ষণ করে এবং এই আকর্ষণের মান বস্তুকণা দুইটির ভরের গুণফলের সমানুপাতিক এবং উহাদের ভিতরকার দূরত্বের বর্গের ব্যস্ত-অনুপাতিক।

ব্যাখ্যা : এই সূত্র হইতে আমরা বুঝিতে পারি যে বস্তুকণা দুইটির ভিতরকার দূরত্ব ঠিক রাখিয়া উহাদের ভর দ্বিগুণ করিলে আকর্ষণের মান চারগুণ বাড়িয়া যাইবে, আবার ভর ঠিক রাখিয়া দূরত্ব দ্বিগুণ করিলে আকর্ষণের মান পূর্বাপেক্ষা এক-চতুর্থাংশ হইয়া যাইবে।

গাণিতিক নিয়মানুযায়ী বলা যাইতে পারে যে দুইটি বস্তুকণার ভর m_1 ও

m_2 ধরিলে এবং উহাদের ভিতরকার দূরত্ব d হইলে, উহাদের পারস্পরিক আকর্ষণ বল যদি F হয় তবে,

$$F \propto m_1 m_2 \text{ এবং } F \propto \frac{1}{d^2} \quad \text{অর্থাৎ } F \propto \frac{m_1 m_2}{d^2}$$

$$\text{অথবা } F = G.\frac{m_1 m_2}{d^2} \quad [\, G = \text{ধ্রুবক} \,]$$

মহাকর্ষীয় ধ্রুবক : উপরোক্ত 'G'-কে বলা হয় মহাকর্ষীয় ধ্রুবক।

এখন, $m_1 = m_2 = 1$ এবং $d = 1$ হইলে $F = G$ অর্থাৎ দুইটি একক ভরের ভিতরকার দূরত্ব এক একক হইলে উহাদের ভিতর যে-আকর্ষণ বল ক্রিয়া করিবে তাহাই অভিকর্ষীয় ধ্রুবকের সমান।

ধ্রুবকের মান : মহাকর্ষীয় ধ্রুবকের মান সর্বপ্রথম নির্ণয় করেন বিজ্ঞানী ক্যাভেণ্ডিস্। সি জি. এস্. পদ্ধতিতে ইহার মান $6 \cdot 6576 \times 10^{-8}$.

প্রশ্ন ১০। 'অভিকর্ষজ ত্বরণ' বলিতে কি বোঝ? এফ পি. এস্. এবং সি. জি. এস্. পদ্ধতিতে ইহা পরিমাপের একক কি?

[What do you mean by 'acceleration due to gravity'? What are the units in which this quantity is expressed in the C. G. S. and F. P. S. systems?] [H. S. Exam., 1960, '64]

উঃ। অভিকর্ষজ ত্বরণ : পৃথিবীর উপর বা পৃথিবীর কাছাকাছি কোন বস্তুর উপর পৃথিবীর আকর্ষণকে অভিকর্ষ বলা হয়। এই অভিকর্ষের ফলেই গাছ হইতে ফল পড়িলে ফলটি পৃথিবী অভিমুখে ধাবিত হয় বা যে-কোন বস্তুকে পড়িতে দিলে পৃথিবীর দিকে পড়ে।

নিউটনের দ্বিতীয় গতিসূত্র হইতে আমরা জানি যে কোন বল যদি কোন বস্তুর উপর ক্রিয়া করে তবে বস্তুর গতি ত্বরান্বিত হয় অর্থাৎ একটি ত্বরণ সৃষ্টি হয়। সুতরাং অভিকর্ষজ বলের ক্রিয়ায় যখন কোন বস্তু পৃথিবীর দিকে পড়ে তখন তাহারও একটি ত্বরণ হয়। এই ত্বরণকে বলা হয় অভিকর্ষজ ত্বরণ।

প্রমাণ করা যায় যে, কোন স্থানে 'g' অর্থাৎ অভিকর্ষজ ত্বরণের মান পৃথিবী-কেন্দ্র হইতে সেই স্থানের দূরত্বের বর্গের ব্যস্ত-আনুপাতিক। অর্থাৎ কোন স্থানের দূরত্ব পৃথিবী-কেন্দ্র হইতে যদি 'd' হয় তবে সেই স্থানের $g \propto \frac{1}{d^2}$.

সুতরাং দূরত্ব বাড়িলে 'g'-এর মান কমিবে এবং দূরত্ব কমিলে 'g'-এর মান বাড়িয়া যাইবে। এই কারণে ভূ-পৃষ্ঠে 'g'-এর মান পাহাড়ের উপরে কোন স্থানের 'g'-এর মানের চাইতে বেশী। আবার পৃথিবী সম্পূর্ণ গোলাকার নয়; মেরুপ্রান্ত একটু চাপা। সুতরাং পৃথিবী-কেন্দ্র হইতে মেরুদ্বয়ের দূরত্ব নিরক্ষপ্রান্তের (equatorial region) দূরত্বের চাইতে কম। এই কারণে মেরুপ্রান্তে 'g'-এর মান নিরক্ষপ্রান্ত হইতে বেশী। নিম্নে দুই পদ্ধতিতে 'g'-এর গড় মান দেওয়া হইল।

সি. জি. এস্. পদ্ধতিতে $g = 981$ cm/sec^2.

এফ্. পি. এস্. পদ্ধতিতে $g = 32$ ft/sec^2.

প্রশ্ন ১১। সরল দোলক কাহাকে বলে? সরল দোলকের সূত্রগুলি বর্ণনা কর। ঐ সূত্রগুলির সত্যতা পরীক্ষামূলকভাবে নিরূপণ করিবে কিরূপে?

[What is a simple pendulum? State the laws of pendulum. How can the laws of pendulum be experimentally verified?] [H. S. Exam., 1962]

উঃ। সরল দোলক: একটি ছোট ভারী বস্তুকে একগাছা হালকা সুতা দ্বারা ঝুলাইলে সাধারণ ভাবে সরল দোলক তৈয়ারী হয়। কিন্তু দোলক সংক্রান্ত গাণিতিক আলোচনার জন্য একটি আদর্শ দোলকের কথা চিন্তা করা হয়। এই আদর্শ দোলকের সূতাটি ভারহীন হইবে এবং স্থিতিস্থাপকতা গুণ থাকিবে না। ইহা দুলিবার সময় ঘর্ষণজনিত বাধা পাইবে না এবং ইহার বস্তুটি একটি কণা হইবে। এই সমস্ত শর্ত পালন করিয়া কোন দোলক তৈয়ারী করা সম্ভব নয় বলিয়া সাধারণত একটি পিতলের ছোট গোল বলকে একটি সূতার দ্বারা কোন আংটার সাহায্যে ঝুলাইয়া পরীক্ষাগারে সরল দোলক তৈয়ারী করা হয়।

দোলকের সূত্র: দোলকের গতি চারিটি সূত্রদ্বারা নিয়ন্ত্রিত হয়। সূত্রগুলি নিম্নরূপ :—

(1) সমকাল সূত্র—বিস্তার বেশী না হইলে (4° ডিগ্রীর কম) দোলকের দোলনকাল সর্বদা সমান থাকে—বিস্তারের উপর নির্ভর করে না।

(2) দৈর্ঘ্যের সূত্র—কোন নির্দিষ্ট স্থানে সরল দোলকের দোলন-কাল উহার কার্যকর দৈর্ঘ্যের বর্গমূলের সমানুপাতিক হইবে। যদি দোলনকাল T এবং কার্যকর দৈর্ঘ্য l হয় তবে $T \propto \sqrt{l}$

(3) ত্বরণের সূত্র—নির্দিষ্ট দৈর্ঘ্যসম্পন্ন দোলকের দোলন কাল অভিকর্ষজ ত্বরণের বর্গমূলের ব্যস্ত-আনুপাতিক হইবে। কোনও স্থানে দোলকের দোলন-কাল T এবং ঐ স্থানের অভিকর্ষজ ত্বরণ 'g' হইলে $T \propto \frac{1}{\sqrt{g}}$.

(4) ভরের সূত্র—কার্যকর দৈর্ঘ্য অপরিবর্তিত থাকিলে দোলকের দোলন কাল পিণ্ডের ভর বা উপাদানের উপর নির্ভর করে না। অর্থাৎ, পিণ্ড বড় কি ছোট হউক, তামা কিংবা সীসার হউক, কার্যকর দৈর্ঘ্য অপরিবর্তিত থাকিলে দোলন-কাল একই থাকিবে।

সূত্রের সত্যতা নিরূপণ :

প্রথম সূত্র—একটি সরল দোলক তৈয়ারী করিয়া উহাকে দোলাও। দেখিও যেন বিস্তার খুব বেশী না হয়। একটি stop ঘড়ি লইয়া দোলকের 25 বার পূর্ণ দোলনের সময় নির্ণয় কর। ঐ সময়কে 25 দিয়া ভাগ করিলে দোলকের দোলন-কাল পাওয়া যাইবে। দোলক-কে বিভিন্ন বিস্তারে দোলাইয়া ঐরূপ দোলন-কাল নির্ণয় করিলে দেখা যাইবে যে দোলন-কাল সর্বদা সমান হইতেছে।

দ্বিতীয় সূত্র—একটি সরল দোলক লইয়া উহার কার্যকর দৈর্ঘ্য মাপ। অর্থাৎ পিণ্ডের ব্যাসার্ধ নির্ণয় করিয়া উহার সহিত সূতার দৈর্ঘ্য যোগ দাও। এইবার পূর্ববর্ণিত উপায়ে দোলকের 25 বার পূর্ণ দোলনের সময় হইতে দোলন-কাল নির্ণয় কর। কয়েকবার সূতার দৈর্ঘ্য পরিবর্তন করিয়া ঐরূপ দোলনকাল নির্ণয় করিলে বিভিন্ন কার্যকর দৈর্ঘ্য ও প্রত্যেকবারের দোলনকাল পাওয়া যাইবে। কার্যকর দৈর্ঘ্যের বর্গমূলকে দোলন-কাল দিয়া ভাগ করিলে ভাগফল সর্বদা সমান হইবে অর্থাৎ, $T \propto \sqrt{l}$.

তৃতীয় সূত্র—একটি নির্দিষ্ট দৈর্ঘ্যের সরল দোলক-কে পৃথিবীর বিভিন্ন স্থানে লইয়া দোলন-কাল নির্ণয় করিতে হইবে। পৃথিবীর বিভিন্ন স্থানে অভিকর্ষজ

ত্বরণের মান বিভিন্ন বলিয়া দোলন-কাল বিভিন্ন হইবে। কিন্তু প্রত্যেক স্থানে দোলন-কালকে ঐ স্থানের অভিকর্ষজ ত্বরণের বর্গমূল দিয়া গুণ করিলে গুণফল ধ্রুবক হইবে। অর্থাৎ,

$$T \times \sqrt{g} = \text{ধ্রুবক}. \text{ অথবা } T \propto \frac{1}{\sqrt{g}}.$$

চতুর্থ সূত্র—বিভিন্ন ওজনের ও বিভিন্ন পদার্থের তৈয়ারী কয়েকটি পিণ্ড লইয়া কয়েকটি সরল দোলক এমনভাবে তৈয়ারী কর যে প্রত্যেকটির কার্যকর দৈর্ঘ্য সমান। এইবার দোলকগুলির দোলন-কাল নির্ণয় করিলে দেখা যাইবে যে প্রত্যেক ক্ষেত্রে দোলন কাল সমান।

****প্রশ্ন ১২। 'সেকেণ্ড দোলক' কি? এফ. পি. এস. ও সি. জি. এস্. পদ্ধতিতে উহার দৈর্ঘ্য নির্ণয় কর। একটি দোলক ঘড়িকে পাহাড়ের চূড়া হইতে সমতলভূমিতে আনা হইলে উহা 'স্লো' যাইবে কি 'ফাস্ট' যাইবে? তোমার উত্তরের কারণ বর্ণনা কর।**

[What is a second's pendulum? Determine its length in the C. G. S. and F. P. S systems? A pendulum clock is brought from the top of a mountain to the surface of the earth. Will it go 'fast' or 'slow'? Explain your answer.]

উঃ। সেকেণ্ড দোলক:

যে সরল দোলকের দোলন-কাল 2 সেকেণ্ড অথবা অর্ধ দোলন-কাল 1 সেকেণ্ড তাহাকে সেকেণ্ড দোলক বলে।

সেকেণ্ড দোলকের দৈর্ঘ্য:

সেকেণ্ড দোলকের দৈর্ঘ্য নিম্নলিখিত উপায়ে নির্ধারণ করা যায়। আমরা জানি, $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$

এস্থলে $T = 2$ সেকেণ্ড. $\pi = \frac{22}{7}$ এবং সি. জি. এস্. পদ্ধতি $g = 981$ cm/sec^2

বসাইয়া পাইলে, $2 = 2 \times \frac{22}{7} \times \sqrt{\frac{l}{981}}$

অথবা, $l=\frac{981\times4}{4\times\left(\frac{22}{7}\right)^2}=\frac{981}{9\text{'}86}=99\text{'}49$ cm.

এফ্. পি. এস. পদ্ধতি অনুযায়ী $g=32$ ft/sec² ধরিলে,

$$l=\frac{32\times4}{4\times\left(\frac{22}{7}\right)^2}=\frac{32}{9\text{'}85}=3\text{'}24 \text{ ft.}$$

শেষাংশ : দোলক ঘড়ি উহার দোলকের দোলন-কাল দ্বারা সময় নির্দেশ করে। কিন্তু নানা কারণে দোলন-কাল পরিবর্তিত হইলে ঘড়ি ঠিক সময় নির্দেশ করিতে পারে না।

পাহাড়ের চূড়ায় 'g'-এর মান সমতলভূমি অপেক্ষা কম। দোলন-কাল 'g'-এর বর্গমূলের ব্যস্ত আনুপাতিক। অর্থাৎ 'g' কমিলে দোলন-কাল বাড়ে এবং 'g' বাড়িলে দোলন-কাল কমে। সুতরাং পাহাড়ের চূড়া হইতে সমতলভূমিতে আনা হইলে দোলক ঘড়ির দোলন-কাল কমিয়া যাইবে—অর্থাৎ একবার পূর্ণ দোলনে কম সময় লইবে। ফলে ঘড়ি 'ফাস্ট' যাইবে।

প্রশ্ন ১৩। দোলকের সাহায্যে কোনও স্থানের 'g'-এর মান কিরূপে নির্ণয় করিবে ?

[How would you determine the value of 'g' at a particular place by pendulum ?] [H. S. Exam., 1966]

উঃ। দোলকের বিস্তার খুব বেশী না হইলে দোলন-কাল T দোলকের কার্যকর দৈর্ঘ্য l-এর সহিত নিম্নলিখিত সমীকরণ দ্বারা সংযুক্ত :

$$T=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} \text{ অথবা, } g=4\pi^2\frac{l}{T^2}.$$

সুতরাং দোলকের দোলন-কাল T এবং কার্যকর দৈর্ঘ্য l নিরূপণ করিলে উপরোক্ত সমীকরণ হইতে 'g'-এর মান নির্ণয় করা যাইবে।

পরীক্ষা : একটি সরল দোলক তৈয়ারী কর। লম্বা সূতা লইয়া দোলকের কার্যকর দৈর্ঘ্য বড় করিলে ভাল হয়। অতঃপর উহাকে দোলাইয়া stop-ঘড়ির সাহায্যে দোলন-কাল নির্ণয় কর। লক্ষ্য রাখিতে হইবে যে

বিস্তার যেন খুব বেশী না হয়। ইহা হইতে $\frac{l}{T^2}$-এর মান নির্ণয় কর। অতঃপর সুতার দৈর্ঘ্য বাড়াইয়া বা কমাইয়া তিন চার বার $\frac{l}{T^2}$-এর মান নির্ণয় কর এবং উহাদের গড় মান নির্ধারণ কর। এই গড় মান উপরোক্ত সমীকরণে বসাইয়া 'g'-এর মান নির্ণয় করা যাইবে।

প্রশ্ন ১৪। পদার্থের স্থিতিস্থাপকতা বলিতে কি বুঝায়? রবার অপেক্ষা ইস্পাতকে বেশী স্থিতিস্থাপক বলে কেন? নিম্নলিখিত রাশিগুলির সংজ্ঞা লিখ: (i) পীড়ন, (ii) বিকৃতি, (iii) স্থিতিস্থাপক সীমা।

[What is elasticity of matter ? Why is steel called more elastic than rubber ? Define the following terms : (i) Stress, (ii) Strain, (iii) Elastic limit.] [H. S. (Comp), 1963, '66]

উঃ। স্থিতিস্থাপকতা:

আমরা জানি যে রবার বা ইস্পাতের স্প্রিং টানিলে বড় হয়, ছাড়িয়া দিলে পূর্বেকার আকারে ফিরিয়া আসে। এস্থলে বাহির হইতে প্রযুক্ত বলের জন্য অর্থাৎ টান দিবার জন্য রবার বা স্প্রিংয়ের আকারের পরিবর্তন হয়। ইহার ফলে বস্তুটির ভিতর হইতে একটি প্রতিক্রিয়া-বলের উৎপত্তি হয়। এই প্রতিক্রিয়া-বল বস্তুটিকে পূর্বের আকার ফিরিয়া পাইতে সাহায্য করে। পদার্থের এই ধর্মকে স্থিতিস্থাপকতা বলে। অর্থাৎ যে ধর্মের জন্য বাহিরের বল সরাইয়া লইলে বিকৃত বস্তু পূর্বেকার আকার ও আকৃতি ফিরিয়া পায় তাহাকে স্থিতিস্থাপকতা বলা হয়।

সাধারণতঃ রবারকে আমরা খুব স্থিতিস্থাপক বলিয়া মনে করি। ইহার কারণ রবারকে সহজেই টানিয়া লম্বা করা যায়। ইস্পাতকে তাহা করা যায় না বলিয়া ইস্পাতকে খুব কম স্থিতিস্থাপক মনে করা হয়। কিন্তু প্রকৃতপক্ষে ইহা উল্টা। বাহির হইতে বলপ্রয়োগে আকার বা আয়তন পরিবর্তনের চেষ্টাকে যে পদার্থ যত বেশী বাধা দিতে পারিবে অর্থাৎ যে পদার্থে যত বেশী প্রতিরোধ ক্ষমতা বর্তমান তাহাই তত স্থিতিস্থাপক। এই হিসাবে, রবারের প্রতিরোধ

ক্ষমতা খুব কম—ইহা সহজেই বিকৃত হয়—সুতরাং ইহা খুব কম স্থিতিস্থাপক। আবার ইস্পাতের প্রতিরোধ ক্ষমতা খুব বেশী—ইহাকে বিকৃত করিতে বেশী বলের প্রয়োজন—সুতরাং ইহার স্থিতিস্থাপকতা বেশী।

সংজ্ঞা :

পীড়ন—কোন পদার্থকে বাহিরের বলের দ্বারা বিকৃত (deformed) করিলে স্থিতিস্থাপকতাগুণে পদার্থের ভিতর একটি প্রতিক্রিয়া-বলের উৎপত্তি হয়। ইহা বাহিরের বলকে প্রতিরোধ করিতে চেষ্টা করে এবং ঐ বল অপসারিত হইলে বিকৃত বস্তুকে পূর্বের আকার ও আয়তনে ফিরিয়া যাইতে সাহায্য করে। এই প্রতিক্রিয়া-বলকে পীড়ন বলে।

নিউটনের তৃতীয় গতিসূত্রানুযায়ী এই প্রতিক্রিয়া-বল প্রযুক্ত বলের সমান ও বিপরীত। এই কারণে প্রতি একক ক্ষেত্রফলে বস্তুর উপর প্রযুক্ত বাহিরের বলদ্বারা পীড়ন মাপা হয়।

বিকৃতি—যখন কোন বস্তুর উপর কোন বল প্রযুক্ত হয় তখন ঐ বল বস্তুর বিভিন্ন অংশকে পরস্পর হইতে সরাইয়া দেয় এবং বস্তুর দৈর্ঘ্য, আয়তন বা আকারের পরিবর্তন ঘটায়। তখন পদার্থটি বিকৃত হয়। এই পরিবর্তনকে বিকৃতি বলে। বস্তুর প্রতি এক মাত্রায় (dimension) যে পরিবর্তন ঘটে তাহা দিয়া বিকৃতি মাপা হয়।

স্থিতিস্থাপক সীমা—বাহিরের বল অপসারণ করিলে বিকৃত বস্তু যদি ঠিক পূর্বের আকার ও আয়তন ফিরিয়া পায় তবে উক্ত বস্তুকে পূর্ণস্থিতিস্থাপক বলা হয়। যে-কোন পরিমাণ বাহিরের বলের প্রভাবে কোন বস্তুই পূর্ণস্থিতিস্থাপক নয়; কিন্তু প্রত্যেক বস্তুই ঐ বলের একটি নির্দিষ্ট সীমা পর্যন্ত পূর্ণ-স্থিতিস্থাপকতা দর্শায়। উক্ত সীমাকে স্থিতিস্থাপক সীমা বলা হয়। পদার্থভেদে এই সীমা বিভিন্ন।

প্রশ্ন ১৫। হুকের সূত্রটি কি? ইয়ং গুণাঙ্ক ও আয়তন বিকৃতি গুণাঙ্ক কাহাকে বলে? ইস্পাতের ইয়ং গুণাঙ্ক 2×10^{12} dynes/sq. cm.—ইহার অর্থ কি?

[What is Hooke's law ? [H. S. (Comp.), 1963]

What are Young's modulus and Bulk modulus ? Young's modulus for steel is 2×10^{12} dynes/sq. cm. What is the meaning of it ?]

উঃ। হুকের সূত্র :

স্থিতিস্থাপক সীমা অতিক্রম না করিলে পীড়ন ও বিকৃতি পরস্পরের সমানুপাতিক। অর্থাৎ $\frac{\text{পীড়ন}}{\text{বিকৃতি}}=\text{ধ্রুবক}$।

ইহাই হুকের সূত্র।

ইয়ং গুণাঙ্ক—বাহির হইতে প্রযুক্ত বলের প্রভাবে যদি কোন বস্তুর শুধু দৈর্ঘ্যের হ্রাস-বৃদ্ধি হয় তবে উক্ত বিকৃতিকে অনুদৈর্ঘ্য (longitudinal) বিকৃতি বলা হয় এবং সংশ্লিষ্ট পীড়নকে অনুদৈর্ঘ্য পীড়ন বলে। এই দুইয়ের অনুপাতকে বলা হয় ইয়ংয়ের গুণাঙ্ক। অর্থাৎ

$$\text{ইয়ং গুণাঙ্ক}=\frac{\text{অনুদৈর্ঘ্য পীড়ন}}{\text{অনুদৈর্ঘ্য বিকৃতি}}$$

আয়তন-বিকৃতি গুণাঙ্ক—বাহির হইতে প্রযুক্ত বলের প্রভাবে যদি কোন বস্তুর শুধু আয়তনের হ্রাস-বৃদ্ধি হয়—কিন্তু আকার অপরিবর্তিত থাকে—তবে উক্ত বিকৃতিকে আয়তন-বিকৃতি (volume strain) ও সংশ্লিষ্ট পীড়নকে আয়তন পীড়ন বলা হয়। ইহাদের অনুপাতকে বলা হয় আয়তন-বিকৃতি গুণাঙ্ক

অর্থাৎ $\text{আয়তন-বিকৃতি গুণাঙ্ক}=\frac{\text{আয়তন পীড়ন}}{\text{আয়তন-বিকৃতি}}$

ইস্পাতের ইয়ং গুণাঙ্ক 2×10^{12} dynes/sq. cm বলিতে ইহাই বুঝায় যে একটি ইস্পাতের তারে একক অনুদৈর্ঘ্য বিকৃতি উৎপন্ন করিতে তারের প্রতি বর্গ সেন্টিমিটারে 2×10^{12} dynes বল প্রয়োগ করিতে হইবে।

প্রশ্ন ১৬। 'অনুদৈর্ঘ্য পীড়ন' ও 'অনুদৈর্ঘ্য বিকৃতি' ও 'ইয়ং গুণাঙ্কের' সংজ্ঞা লেখ। সি. জি. এস্.. পদ্ধতিতে ইয়ং গুণাঙ্কের একক নির্ধারণ কর।

[Define 'Longitudinal stress', 'Longitudinal strain' and

'Young's modulus'. Derive the unit in which Young's modulus should be expressed in the C. G. S. system.]

[H. S. Exam. 1960]

উঃ। **প্রথমাংশ :** ১৫নং প্রশ্নের উত্তর দ্রষ্টব্য।

ইয়ং গুণাঙ্কের একক : প্রতি একক ক্ষেত্রফলে বস্তুর উপর প্রযুক্ত বাহ্যিক বল দ্বারা অনুদৈর্ঘ্য পীড়ন মাপা হয়। সি. জি. এস্. পদ্ধতিতে উহার একক dynes/sq. cm.

'অনুদৈর্ঘ্য বিকৃতি' দুইটি দৈর্ঘ্যের অনুপাত বলিয়া ইহার কোন একক নাই। সুতরাং ইয়ং গুণাঙ্কের একক হইবে dynes/sq. cm.—অর্থাৎ ইহার একক এবং অনুদৈর্ঘ্য পীড়নের একক সমান।

অঙ্ক

1. একটি বস্তুকণা স্থির অবস্থা হইতে 5 ft./sec² ত্বরণ লইয়া চলিতে সুরু করিল। 10 sec. চলিবার পর তাহার বেগ কত হইবে এবং কত পথ অতিক্রম করিবে তাহা নির্ণয় কর।

[A particle, starting from rest, moves with an acceleration of 5 ft/sec². What will be its velocity and how far will it go after it has moved for 10 sec. ?]

উঃ। আমরা জানি $v=u+ft$.

এক্ষেত্রে, $u=0$; $f=5$ ft /sec² ; $t=10$ sec. ; $v=?$

কাজেই $v=0+5\times10=50$ ft/sec.

আবার $S=ut+\frac{1}{2}ft^2$.

এখানে, $S=0\times10+\frac{1}{2}\times5\times10\times10=250$ ft.

2. কোন বস্তুকণা 10 sec. সময়ে 560 cm. পথ অতিক্রম করে। ঐ সময়ের শেষে তাহার বেগ 90 cm./sec. হইলে বস্তুকণার প্রারম্ভিক বেগ ও ত্বরণ নির্ণয় কর।

[A particle moves over a distance of 560 cm. in 10 sec. If the velocity at the end of that time be 90 cm/sec, find the initial velocity and the acceleration of the particle.]

উঃ। আমরা জানি $v=u+ft$. এবং $S=ut+\frac{1}{2}ft^2$.

এক্ষেত্রে, $90 = u + f \times 10 \cdots\cdots$(i)

এবং $560 = u \times 10 + \frac{1}{2} f \times 10 \times 10 \cdots\cdots$(ii)

এই দুইটি সমীকরণ সমাধান করিলে $u = 22$cm./sec. এবং $f = 6\text{·}8$cm/sec^2.

3. একটি বস্তু ত্বরান্বিত গতিতে চলিতে চলিতে 2nd সেকেণ্ডে 24 ft. এবং 4th সেকেণ্ডে 100 ft. পথ অতিক্রম করিল। 5th সেকেণ্ডে উহা কত পথ অতিক্রম করিবে ?

[A particle, moving with an acceleration, travels 24 ft. in 2nd second and 100 ft. in 4th second of its motion. What distance will it go in the 5th second ?]

উঃ। আমরা জানি $S_t = u + \frac{1}{2} f(2t - 1)$

এক্ষেত্রে, $24 = u + \frac{1}{2} f(2 \times 2 - 1)$

এবং $100 = u + \frac{1}{2} f(2 \times 4 - 1)$

অথবা $24 = u + \frac{3}{2} f$ এবং $100 = u + \frac{7}{2} f$.

এই সমীকরণ দুইটি সমাধান করিলে $u = -33$ ft./sec. এবং $f = 38$ ft./sec^2.

এখন, $S_t = u + \frac{1}{2} f(2t - 1)$

$= -33 + \frac{1}{2} \times 38(2 \times 5 - 1) = -33 + 19 \times 9$

$= 138$ ft.

4. একটি বস্তুকণা সম-ত্বরণযুক্ত গতিতে চলিয়া 100 cm. দূরত্বের ভিতরে উহার বেগ 20 cm./sec. হইতে বর্ধিত করিয়া 50/sec. করিল। উহার ত্বরণ কত ? ঐ পথ অতিক্রম করিতে উহার কত সময় লাগিল ?

[A particle, travelling with uniform acceleration has its velocity increased from 20 cm./sec. to 50 cm./sec. in travelling a distance of 100 cm. What is its acceleration ? What time did it take to travel the distance ?]

উঃ। আমরা জানি $v^2 = u^2 + 2f.s.$

এক্ষেত্রে, $v = 50$ cm /sec. ; $u = 20$ cm /sec. ,

$s = 100$ cm. ; $f = ?$

সুতরাং $(50)^2 = (20)^2 + 2.f.\ 100$

অথবা, $2100 = 200 f$

$\therefore\ f = \frac{21}{2} = 10\text{·}5$ cm./sec^2.

আবার, $v=u+f.t.$

এখানে $v=50$ cm./sec ; $u=20$ cm /sec.

$f=10\cdot5$ cm./sec^2, $t=?$

সুতরাং $50=20+10\cdot5\times t \quad \therefore \quad 10\cdot5t=30$

$\therefore \quad t=2\cdot86$ sec.

5. একটি বস্তুকণা 3rd সেকেণ্ডে 30 ft. এবং 6th সেকেণ্ডে 60 ft. পথ অতিক্রম করিল। 10 sec. সময়ে উহা মোট কত পথ অতিক্রম করিবে নির্ণয় কর।

[A particle, travelling with uniform acceleration moves through 30 ft. in 3rd sec. and 60 ft. in 6th sec. of its motion. Calculate the distance it will travel in 10 seconds.]

উঃ। $S_t=u+\frac{1}{2}f(2t-1)$

এক্ষেত্রে $30=u+\frac{1}{2}f(2\times3-1)=u+\frac{5}{2}f.$

এবং $60=u+\frac{1}{2}(2\times6-1)=u+\frac{11}{2}f.$

$\therefore \quad u=5$ ft./sec. এবং $f=10$ ft./sec^2.

আবার, $S=ut+\frac{1}{2}ft^2.=5\times10+\frac{1}{2}.10(10)^2$

$=50+500=550$ ft.

6. ভূমি হইতে 276 ft. উচ্চে একটি উর্ধ্বাভিমুখী গতিশীল বেলুন হইতে একটি পাথরখণ্ড ফেলা হইল এবং 6 sec. পরে উহা ভূমি স্পর্শ করিল। বেলুন হইতে পাথরখণ্ডটি ফেলিয়া দিবার মুহূর্তে বেলুনের বেগ কত ছিল ? $g=32$ ft./sec^2.

[A stone is dropped from a rising balloon at a height of 276 ft. above the ground and it reaches the ground in 6 seconds. What was the velocity of the balloon just at the moment when the stone was dropped. $g=32$ ft./sec^2.]

উঃ। পাথরখণ্ডটি যখন ফেলা হয় তখন উহা বেলুনের উর্ধ্বাভিমুখী গতিবেগ লইয়া পড়িবে এবং প্রথমে খানিকটা উর্ধ্বে উঠিয়া পরে নিম্নাভিমুখী পড়িতে থাকিবে।

পাথরখণ্ডটির গতি বিবেচনা করিলে আমরা বলিতে পারি পাথরখণ্ডটি মোট যে-উচ্চতা অবতরণ করিল তাহা 276 ft. এবং ঐ গতি নিম্নাভিমুখী হওয়ায়, উহার প্রারম্ভিক বেগ ঋণাত্মক কারণ উহা উর্ধ্বমুখী।

এখন, $u=-u$; $h=276$ ft. ; $g=32$ ft./sec^2 ; $t=6$ sec.

আমরা জানি, $h = ut + \frac{1}{2}gt^2$

$$276 = -u \times 6 + \frac{1}{2} \times 32 \times 36 = -6u + 576$$

or, $300 = 6u$ $\quad \therefore \quad u = 50$ ft /sec.

7. 0·8 আপেক্ষিক গুরুত্বসম্পন্ন একটি কাঠের টুকরাকে জলের মধ্যে ডুবাইয়া ছাড়িয়া দেওয়া হইল। প্রমাণ কর যে উহার প্রারম্ভিক ত্বরণ হইবে $g/4$, (g=অভিকর্ষজ ত্বরণ)

[A piece of wood of specific gravity 0·8 is held under water. Show that when released, its initial acceleration will be $g/4$, g being the acceleration due to gravity.] [H. S. (Comp.), 1965]

উঃ। ধর কাঠের টুকরার আয়তন $= V$, কাজেই টুকরার ওজন $= V \times 0{\cdot}8 \times g$;

অপসারিত জলের ওজন $= V \times g$.

$\therefore$ নিমজ্জিত অবস্থায় টুকরার উপর লব্ধি বল $= V \times g - V \times 0{\cdot}8 \times g = 0{\cdot}2V \times g$

আমরা জানি, $P = m.f$

এক্ষেত্রে, $P = 0{\cdot}2V \times g$; $m = V \times 0{\cdot}8$ এবং $f = ?$

কাজেই $0{\cdot}2V \times g = V \times 0{\cdot}8 \times f$

or, $f = g/4$.

8. 25 gm. ভরের উপর 100 dyne-এর একটি বল 5 sec. ধরিয়া প্রয়োগ করা হইল। বস্তুটির কত বেগ উৎপন্ন হইবে ?

[A force of 100 dynes acts for 5 sec. on a mass of 25 gms. What will be the velocity generated ?]

উঃ। $P = mf$.

$100 = 25f$. $\quad \therefore \quad f = 4$ cm./sec^2

আবার, $v = f.t.$ $\quad [u = 0]$

সুতরাং $v = 4 \times 5 = 20$ cm./sec.

9. একটি 16 lb ভরসম্পন্ন বস্তুর উপর কোন বল 3 sec. ধরিয়া কাজ করিবার পর আর কাজ করিল না। পরবর্তী 3 sec. সময়ে বস্তুটি 81 ft. পথ অতিক্রম করিল। বস্তুটির উপর প্রযুক্ত বলের পরিমাণ কত ?

[A force acts upon a body of mass 16 lbs. for 3 seconds and then ceases to act. The body describes 81 ft. in the next 3 seconds. What was the force applied on the body ?]

উঃ। বস্তুর উপর বলের ক্রিয়া বন্ধ হইবার পর বস্তুটি সমবেগ লইয়া চলিবে। অতএব,

$S = vt$ সমীকরণ হইতে. $81 = v \times 3$

$\therefore \quad v = 27$ ft./sec.

এখন বল ক্রিয়া করিয়া যদি 'f' ত্বরণ উৎপন্ন করে তবে, $v=f.t.$

$$27=f.3 \qquad \therefore \quad f=9 \text{ ft./sec}^2.$$

আবার $P=mf.=16\times9=144$ poundals.

10. একটি মোটর গাড়ীর ভর 400 lb এবং উহা 30 miles per hour বেগে চলিতেছে ব্রেক কষিয়া উহাকে 40 ft. দূরত্বের মধ্যে সম্পূর্ণ থামানো হইল। কত বল মোটর গাড়ীর উপর প্রযুক্ত হইল?

[A motor car of mass 400 lbs. is moving with a velocity of 30 miles/hr. It came to rest within a distance of 40 ft. by applying brakes. What force did act on the motor car ?]

উঃ। 30 miles/hr.$=44$ ft./sec. এখন,

$v^2=u^2+2f.s.$ সমীকরণে $v=0$; $u=44$ ft /sec.

$s=40$ ft. $f=?$ কাজেই

$$0=(44)^2+2f.40 \quad \therefore \quad f=\frac{121}{5} \text{ ft./sec}^2.$$

এবং $P=mf.=400\times\frac{121}{5}=9680$ poundals

11. দমকল হইতে একটি তীব্র জলধারা লম্বভাবে 40 ft /sec. বেগে একটি দেওয়ালে গিয়া আঘাত করিল। দেওয়ালে জলধারা যে-চাপ সৃষ্টি করিল তাহা নির্ণয় কর। প্রতিহত হইয়া ফিরিবার প্রশ্ন এখানে উপেক্ষণীয়। (1 cu. ft. জলের ওজন 62'4 lbs.)

[A jet of water from a fire-engine hits a wall perpendicularly with a speed of 40 ft/sec. Calculate the pressure the jet exerts on the wall Neglect the effect of rebound. 1 cu. ft. of water weighs 62 4 lbs.] [H. S. Exam., 1965]

উঃ। দেওয়াল হইতে লম্বভাবে 40 ft. দীর্ঘ ও 1 sq. ft. ক্ষেত্রফলযুক্ত তরলস্তম্ভ কল্পনা করিলে উহা 1 sec. পরে দেওয়ালে গিয়া ধাক্কা দিবে। এক্ষেত্রে, ঐ পরিমাণ জলের ভরবেগের পরিবর্তনই হইবে দেওয়ালে চাপের সমান।

এখন ঐ জলের পরিমাণ$=40\times1\times62'4$ lbs. ; যেহেতু ধাক্কা খাইয়া ফিরিবার প্রশ্ন এখানে নাই, কাজেই ঐ জলের ভরবেগের পরিবর্তন

$=40\times62'4\times40$ poundals/sq. ft.

সুতরাং দেওয়ালের উপর চাপ$=40\times62'4\times40$ poundals/sq. ft.

$=99,840$ poundals/sq. ft.

$=3120$ lbs /sq. ft.

12. $5\frac{1}{2}$ oz. ওজনের একটি ক্রিকেট বল 30 ft/sec. বেগে চলিতেছে : উহাকে $\frac{1}{5}$ sec. সময়ের মধ্যে সম্পূর্ণ গতিহীন করা হইল। বলটির উপর প্রযুক্ত গড় বিরুদ্ধবল নির্ণয় কর ? 16 oz.=1 lb.

[A cricket ball, weighing $5\frac{1}{2}$ oz. and moving with a speed of 30 ft/sec. is brought to rest in $\frac{1}{5}$ sec. Calculate the average stopping force employed. 16 oz.=1 lb.] [H. S. Exam., 1963]

উ: । বলটির ভর $= \frac{11}{2} \times \frac{1}{16}$ lb. $= \frac{11}{32}$ lbs.

বলটির প্রারম্ভিক ভরবেগ $= \frac{11}{32} \times 30 = \frac{330}{32}$ ft. lbs

" চূড়ান্ত " $= 0$

ভরবেগের পরিবর্তন $= \frac{330}{32}$ ft. lbs.

$$\text{ভরবেগ পরিবর্তনের হার} = \frac{330}{32 \times \frac{1}{5}} = \frac{330 \times 5}{32}$$

$$\text{সুতরাং বিরুদ্ধ বল} = \frac{330 \times 5}{32} = 51.6 \text{ poundals (প্রায়)}$$

13. 100 gm. ভরের কোন বস্তুর 2000 gm. per sec. ভরবেগ আছে। উহার গতিবেগ কত ? যদি স্থিতাবস্থা হইতে গতিশীল হইয়া 10 sec. সময়ে উক্ত ভরবেগ উৎপন্ন হয়, তবে বস্তুটির ত্বরণ কত ? উহার উপর প্রযুক্ত বলের পরিমাণ কত ?

[A body of mass 100 gms. has a momentum 2000 gms. cm. per sec. What is its velocity ? If the above momentum was acquired from rest in 10 sec. what were the acceleration and the force acting on the body ?] [H. S. Exam., 1964]

উ: । আমরা জানি ভরবেগ = ভর × বেগ

$\therefore$ $2000 = 100 \times$ বেগ or, বেগ $= 20$ cm./sec

আবার, $v = u + ft$.

এক্ষেত্রে, $v = 20$ cm./sec., $u = 0$, $t = 10$ sec.

$\therefore$ $20 = 10f$ $\therefore$ $f = 2$ cm./sec^2

আবার, $P = mf = 100 \times 2 = 200$ dynes.

14. একটি তারের দৈর্ঘ্য 280 cm. এবং ব্যাস 2 mm. উহার একপ্রান্তে 9 Kilogram ওজন চাপাইলে তারটি 0.5 mm. দৈর্ঘ্যে বাড়ে। এক্ষেত্রে পীড়ন ও বিকৃতি নির্ণয় কর এবং তাহা হইতে তারের উপাদানের ইয়ং গুণাঙ্ক নির্ণয় কর।

[A wire is 280 cm. long and 2 mm. in diameter. When a load of 9 Kilograms is suspended from one of its ends, it extends

through 0'5 mm. in length. Find the stress and strain and hence the Young's modulus for the material of the wire.]

উঃ। তারের প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল $= \pi(\cdot 1)^2$ sq. cm. ;

প্রযুক্ত বল $= 9 \times 10^3 \times 980$ dynes

দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি $= 0'5$ mm. $= 0{\cdot}05$ cm.

$$\text{সুতরাং পীড়ন} = \frac{\text{মোট প্রযুক্ত বল}}{\text{ক্ষেত্রফল}} = \frac{9 \times 10^3 \times 980}{\pi(\cdot 1)^2}$$

$$= 280{\cdot}8 \times 10^7 \text{ dynes/sq cm.}$$

$$\text{বিকৃতি} = \frac{\text{দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি}}{\text{প্রাথমিক দৈর্ঘ্য}} = \frac{0{\cdot}05}{280} = \cdot 000178\dot{6}$$

$$\therefore \quad \text{ইয়ং গুণাঙ্ক } Y = \frac{\text{পীড়ন}}{\text{বিকৃতি}} = \frac{9 \times 10^3 \times 980}{\pi(\cdot 1)^2} \div \frac{\cdot 05}{280}$$

$$= \frac{9 \times 10^3 \times 980 \times 280}{\pi \times (\cdot 05) \times (\cdot 1)^2} = \frac{9 \times 98 \times 28}{31{\cdot}4 \times 5} \times 10^9$$

$$= 1{\cdot}57 \times 10^{12} \text{ dynes/sq. cm.}$$

15. একটি ইস্পাতের তার 628 cm. দীর্ঘ ও উহার ব্যাস 2 mm. কত কিলোগ্রাম ভার চাপাইলে তারটি 1 mm. দৈর্ঘ্যে বাড়িবে? ইস্পাতের $Y = 2 \times 10^{12}$ C.G.S. এবং $g = 980$ C. G. S.

[Find the load, in kilograms, required to stretch a vertical steel wire, 628 cm. long and 2 mm. in diameter, by one more millimetre in length. Y for steel $= 2 \times 10^{12}$ C. G. S and $g = 980$ C. G. S.] [H. S. Exam., 1960]

উঃ। আমরা জানি, $Y = \dfrac{Mg}{\pi r^2} \times \dfrac{L}{l}$.

এক্ষেত্রে $Y = 2 \times 10^{12}$, $g = 980$ C.G.S $r = 0'1$ cm. $L = 628$ cm. ; $l = 0'1$ cm. $M = ?$

$$\text{সুতরাং } 2 \times 10^{12} = \frac{M \times 980}{3{\cdot}14 \times (0{\cdot}1)^2} \times \frac{628}{0{\cdot}1} = \frac{M \times 98 \times 628}{314 \times 1 \times 1} \times 10^6$$

$$\text{অথবা, } \quad 2 \times 10^6 = M \times 98 \times 2$$

$$M = \frac{10^6}{98} \text{ gms.} = \frac{10^3}{98} \text{ kilograms} = 10{\cdot}21 \text{ kilograms.}$$

16. কোনও স্থানে ($g=980$ cm./sec²) কোন সরল দোলকের দোলন-কাল 3·14 sec. হইলে উহার কার্যকর দৈর্ঘ্য কত ?

[If the time-period of a simple pendulum at a place ($g=980$ cm./sec²) be 3·14 sec. what is its effective length ?]

উঃ। সরল দোলকের বেলায় আমরা জানি

$$T=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$$

এক্ষেত্রে $T=3·14$, $g=980$ cm/sec². কাজেই

$$3·14=2\times3·14\sqrt{\frac{l}{980}}$$

$$\text{বা}\quad 1=2\times\sqrt{\frac{l}{980}}\quad \text{বা}\quad l=\frac{980}{4}=245\text{ cm.}$$

17. একটি ত্রুটিপূর্ণ সেকেণ্ড দোলক প্রতিদিনে 20 sec. 'স্লো' যায়। উহার দৈর্ঘ্যের কি পরিবর্তন করিলে উহা ঠিক সময় রাখিবে ?

[A faulty second's pendulum loses 20 seconds per day. Find the required alteration in length so that it may keep correct time.]

উঃ। প্রতিদিনে 86400 সেকেণ্ড হয়। ত্রুটিপূর্ণ সেকেণ্ড দোলকটি দৈনিক 20 sec স্লো গেলে প্রতিদিনে অর্থাৎ 86400 সেকেণ্ডে ইহা $(86400-20)=86380$ বার আন্দোলিত হয়। উহার আন্দোলন কাল (অর্থাৎ অর্ধ দোলনকাল) 't' ধরিলে,

$$t=\frac{86400}{86380}=\pi\sqrt{\frac{l'}{g}}\qquad l'=\text{ত্রুটিপূর্ণ দোলকের দৈর্ঘ্য}$$

$$\therefore\ \frac{\pi^2 l'}{g}=\left(\frac{86400}{86380}\right)^2=\left(1+\frac{20}{86380}\right)^2=1+\frac{2\times20}{86380}=1+\frac{4}{8638}$$

$$\therefore\quad l'=\frac{g}{\pi^2}\left(1+\frac{4}{8638}\right)$$

একটি নির্ভুল সেকেণ্ড দোলকের অর্ধ দোলন কাল $=1$ sec. এবং উহার দৈর্ঘ্য l হইলে

$$1=\pi\sqrt{\frac{l}{g}}\quad \text{অথবা}\ l=\frac{g}{\pi^2}$$

সুতরাং ত্রুটিপূর্ণ দোলকের দৈর্ঘ্যের যে-পরিবর্তন করিতে হইবে তাহা

$$= l' - l = \frac{g}{\pi^2} \times \frac{4}{8638}$$

$$= \frac{980}{(3{\cdot}14)^2} \times \frac{4}{8638} = 0{\cdot}0015 \text{ cm.}$$

অনুশীলনী

1. একটি বস্তুকণা 3 ft/sec বেগ লইয়া চলিতে সুরু করিল। যদি উহার ত্বরণ 2 ft/sec² হয় তবে 5 sec. পরে উহার বেগ কত হইবে ?

[A particle starts with a velocity 3 ft/sec. If it moves with an acceleration of 2 ft./sec², what will be its velocity after 5 sec ?] [উঃ 13 ft./sec]

2. একটি বস্তুকণা 80 cm/sec. প্রারম্ভিক বেগ লইয়া 10 sec সময়ে 1000 cm পথ অতিক্রম করিল। বস্তুকণার ত্বরণ নির্ণয় কর।

[A particle, moving with an initial velocity 80 cm/sec. travels a distance of 1000 cm. in 10 sec. Find the acceleration of the particle.] [উঃ 4 cm/sec²]

3. 110 yd. পথ অতিক্রম করিবার ভিতর একটি ট্রেনের গতিবেগ 15 miles/hr. হইতে বৃদ্ধি পাইয়া 60 miles/hr হইল। ট্রেনটির ত্বরণ কত ছিল ?

[In traversing a distance of 110 yds., the velocity of a train changes from 15 miles/hr. to 60 miles/hr. What was the acceleration of the train ?] [উঃ 11 ft/sec²]

4. স্থির অবস্থা হইতে চলিতে সুরু করিয়া 625 ft. পথ অতিক্রম করিবার পর একটি বস্তুকণার বেগ হইল 125 ft/sec. বস্তুকণার ত্বরণ কত ?

[Starting from rest, a particle acquires a velocity 125 ft/sec. in travelling a distance 625 ft. What is its acceleration ?]

[উঃ 12·5 ft/sec².]

5. 60 miles/hr বেগসম্পন্ন একটি ট্রেনকে মন্দন প্রয়োগ করিয়া 15 sec. সময়ের ভিতর সম্পূর্ণ গতিহীন করা হইল। মন্দনের পরিমাণ কত ?

[A train travelling with a velocity 60 miles/hr. is brought to rest by applying retardation in 15 sec. What was the retardation ?] [উঃ 5·86 ft/sec^2]

6. একটি বেলুন ঠিক খাড়াভাবে 32 ft/sec বেগ লইয়া উপরে উঠিতেছে। বেলুনটি যখন মাটি হইতে 3200 ft. উচ্চে তখন বেলুন হইতে একখণ্ড পাথর ফেলা হইল। পাথরখণ্ডটি মাটিতে পড়িতে কত সময় লাগিবে ?

[A balloon is rising vertically with a velocity of 32 ft/sec. A stone is dropped from it when it is at a height 3200 ft. from the ground. What time will the stone take to reach the ground ?] [উঃ 16·28 sec. প্রায়]

[সংকেত : এক্ষেত্রে পাথরটির প্রারম্ভিক বেগ বেলুনের বেগের সমান—অর্থাৎ 32 ft/sec. এবং উপরের দিকে। এইজন্য ইহাকে ঋণাত্মক ধরিতে হইবে।]

7. পাহাড়ের চূড়া হইতে সোজাসুজি মাটিতে পড়িতে একটি পাথরখণ্ডের 6 sec. সময় লাগিল। চূড়ার উচ্চতা কত ?

[A stone takes 6 sec. to reach the ground falling vertically from the top of a hill. How high was the hill ?] [উঃ 576 ft.]

8. 1 Kgm. ভরের 1 metre/sec^2 ত্বরণ সৃষ্টি করে যে-বল তাহাকে Newton বলা হয়। Newton-এর মান dynes-এ প্রকাশ কর।

[The force that gives a mass of 1 Kg. an acceleration of 1 metre/sec^2 is called a Newton. Express Newton in dynes.] [H. S. Exam., 1965] [উঃ 10^5 dynes]

9. 20 পাউণ্ড ভরসম্পন্ন একটি বস্তুর উপর 5 sec ধরিয়া একটি বল ক্রিয়া করিল। ফলে বস্তুটির গতিবেগ দাঁড়াইল 15 ft/sec. প্রারম্ভিক অবস্থায় বস্তুটি স্থির থাকিলে কত বল ক্রিয়া করিল নির্ণয় কর।

[A force acts on a body of mass 20 lbs. for 5 sec. and the velocity generated is 15 ft./sec. If the body was initially at rest, find the magnitude of the force.] [উঃ 60 poundals]

10. 5 sec. সময় ব্যাপিয়া 10 গ্রাম ভরসম্পন্ন বস্তুর উপর 100 dyne বল প্রযুক্ত হইল। বস্তুটির ভরবেগের কত পরিবর্তন হইবে ?

[A force of 100 dynes acts on a mass of 10 gms. for 5 sec. Find the change of momentum of the body.] [উঃ 500 gm. sec.]

11. একটি সরল দোলকের কম্পাঙ্ক প্রতি মিনিটে 28 এবং ঐ স্থানের $g=980$ cm/sec². দোলকটির দৈর্ঘ্য নির্ণয় কর।

[A simple pendulum oscillates 28 times in a minute at a place where $g=980$ cm./sec². Determine the length of the pendulum ?] [উঃ 114·1 cm.]

12. একটি সরল দোলকের দৈর্ঘ্য অপরটি হইতে দ্বিগুণ, দ্বিতীয় সরল দোলকের দোলন-কাল 3 sec. হইলে প্রথমটির দোলন-কাল কত ?

[The length of a simple pendulum is double than that of the other. If the period of the latter be 3 sec., find that of the former.] [উঃ 4·24 sec.]

13. কোনও স্থানে ($g=980$ cm/sec².) কোন সরল দোলকের দোলন-কাল $\frac{3}{2}$ second হইলে উহার দৈর্ঘ্য কত ?

[If the time period of the simple pendulum at a place ($g=980$ cm./sec²) be $\frac{3}{2}$ second, what is its effective length ?]

[উঃ 55·84 cm.]

14. একটি সেকেণ্ড দোলক দিনে 5 sec. 'স্লো' যায় ; নির্ভুল সময় রাখিতে হইলে ঐ দোলকের দৈর্ঘ্য কতখানি কমাইতে হইবে ?

[A second's pendulum loses 5 sec. in a day ; by how much will its length be shortened in order to keep correct time.]

[উঃ 0·0115 cm.]

15. একটি সেকেণ্ড দোলকের দৈর্ঘ্য 1% বৃদ্ধি করিলে উহা দিনে কত সেকেণ্ড 'স্লো' যাইবে ?

[If a second's pendulum is increased by 1% in length, how many beats will it lose in a day ?] [উঃ 428]

16. একটি ইস্পাতের তারের দৈর্ঘ্য 4 metres এবং ব্যাস 5 mm. উহার একপ্রান্তে 5 Kgms. ভার চাপানো আছে। ইস্পাতের ইয়ং গুণাঙ্ক $20·1\times10^{11}$ dynes/sq. cm. হইলে তারটির দৈর্ঘ্য-বৃদ্ধি নির্ণয় কর।

[A steel wire, 4 metres long and 5 mm. in diameter is stretched by a load of 5 kgms. Calculate its extension, if Y for steel$=20·1\times10^{11}$ dynes/sq. cm.] [উঃ ·0039]

17. একটি ইস্পাতের তারের দৈর্ঘ্য 2·5 metres এবং ব্যাস 1 mm. 3 Kgms. ওজন চাপাইলে উহার দৈর্ঘ্য-বৃদ্ধি কত হইবে? ইস্পাতের ইয়ং গুণাঙ্ক 2×10^{12} dynes/per sq. cm.

[A steel wire, 2·5 metres in length and 1 mm. in diameter is stretched by a load of 3 kgm. What will be its extension? Y for steel$=2 \times 10^{12}$ dynes/sq. cm.] [উ: ·047 cm.]

18. কত ওজনের দ্বারা 3 metres দৈর্ঘ্যসম্পন্ন ও 2 mm. ব্যাসযুক্ত একটি ইস্পাতের তারে 0·5 cm. দৈর্ঘ্য-বৃদ্ধি উৎপন্ন করা যাইবে? ইস্পাতের ইয়ং গুণাঙ্ক 2×10^{12} dynes/sq. cm.

[What load will stretch a steel wire, 3 metres in length and 2 mm. in diameter, through 0·5 cm.? Y for steel$=2 \times 10^{12}$]
[উ: 106·9 Kgms.]

19. 0·4 cm. ব্যাসযুক্ত একটি তারের একপ্রান্তে 25 Kgms. ওজন চাপানো আছে। উহার ফলে 100 cm. দীর্ঘ তারটি বাড়িয়া 102 cm. হইল। তারের উপাদানের ইয়ং গুণাঙ্ক কত হইবে?

[A load of 25 Kgms. hangs from the end of a wire 0·4 cm. in diameter and of length 100 cm. The length of the wire is increased to 102 cm. Find the Young's modulus of the material of the wire).
[উ: 9 8 $\times 10^{9}$ dynes/cm^{2}]

20. একটি তামার তারের দৈর্ঘ্য 2 metres এবং ব্যাস 0·5 mm. 3 Kgms. ওজন চাপাইলে তারের দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি 2·38 mm. হয়। তামার ইয়ং গুণাঙ্ক কত?

[A copper wire, is 2 metres long and 0·5 mm. in diameter. If a load of 3 Kgms. be suspended from its end, the elongation produced is 2·38 mm. What is the Young's modulus of copper?]
[উ: 12·6 $\times 10^{13}$ dynes/cm.^{2}]

21. একটি তারের দৈর্ঘ্য 10 ft. ও প্রস্থচ্ছেদ 0·125 sq. inch এবং 450 lb. ওজন চাপাইবার ফলে উহার দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি হয় 0·15 inch. এক্ষেত্রে পীড়ন, বিকৃতি ও তারের উপাদানের ইয়ং গুণাঙ্ক নির্ণয় কর।

[A wire is 10 ft. long and 0·125 sq inch in cross-sectional area. When a load of 450 lbs. is suspended from its end, the extension produced is 0·15 inch. Calculate the stress, strain and Young's modulus.][উ: 3600 lbs. wt/in^{2} ; $\frac{1}{800}$; 28 $\times 10^{7}$ lb. wt/in^{2}]

22. 10 metres দীর্ঘ তারে 0 001% বিকৃতি হইলে উহার দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি কত হইবে? তারের প্রস্থচ্ছেদ 2 sq. mm. হইলে এবং 1 Kg ভার চাপাইয়া টান করিলে, dynes/cm^{2} এককে তারের পীড়ন নির্ণয় কর।

[What will be the elongation of a wire 10 metres long when the strain is 0·001%? If the wire has a cross-section of 2 sq. mm. and is stretched by a load of 1 Kg. what is the stress in dynes/sq. cm.? [H. S. Exam., 1966] [উ: 0·1 cm. 49 $\times 10^{6}$]

[সংকেত : বিকৃতি 0·001% ; কাজেই দৈর্ঘ্যবৃদ্ধি$=\frac{·001}{100} \times 10$ metre$=·001$ metre$=0·1$cm]

দ্বিতীয় পরিচ্ছেদ

কার্য, ক্ষমতা ও শক্তি

প্রশ্ন ১। 'কার্য ও ক্ষমতার' সংজ্ঞা লিখ। এফ. পি. এস্. ও সি. জি. এস্. পদ্ধতিতে উহাদের ব্যবহারিক এককগুলি বুঝাইয়া দাও এবং উহাদের সম্পর্ক নির্ণয় কর।

[Define 'work' and 'power'. Name the C. G. S. and F. P. S. practical units expressing them and state the relation between the two.] [H. S. (Comp.), 1962, '63]

উঃ। কার্য ঃ সাধারণভাবে কোন কিছু করার নামই কার্য। কিন্তু বলবিজ্ঞানে একটি বিশেষ অর্থে 'কার্য' কথাটি ব্যবহৃত হয়। বলবিজ্ঞান অনুযায়ী বল প্রয়োগের দ্বারা কোন বস্তুকে এক স্থান হইতে অন্য স্থানে নড়ানো হইলে বলা হয় কাজ করা হইল। কাজ মাপা হয় বলের পরিমাণ এবং বলের প্রয়োগবিন্দুর স্থানপরিবর্তন বা সরণের গুণফলের দ্বারা।

কাজ দুই রকমের হইতে পারে। যেমন, বলের দ্বারা কাজ এবং বলের বিরুদ্ধে কাজ। যখন বস্তু বলের অভিমুখে সরিয়া যায় তখন বলা হয় বলের দ্বারা কাজ হইয়াছে ; আর যখন বস্তু বলের অভিমুখের বিপরীত দিকে সরিয়া যায় তখন বলা হয় বলের বিরুদ্ধে কাজ হইয়াছে।

ক্ষমতা ঃ সময়ের অনুপাতে কাজ করিবার হারকে ক্ষমতা বলা হয়। অর্থাৎ $\text{ক্ষমতা} = \frac{\text{কাজ}}{\text{সময়}}$।

একক ঃ কার্য ঃ

সি জি. এস্. ব্যবহারিক একক—এই এককের নাম 'জুল' (joule), যদি 1 dyne বল কোন বস্তুর উপর ক্রিয়া করিয়া 1 cm. স্থানচ্যুত হয়, তবে যে কাজ করা হয় তাহাকে 1 erg বলে। 1 joule $= 10^7$ ergs.

এফ. পি. এস্. ব্যবহারিক একক—এই এককের নাম 'ফুট-পাউণ্ড' (foot-pound). 1 lb ভরসম্পন্ন কোন বস্তুকে অভিকর্ষের বিরুদ্ধে 1 foot উচ্চে তুলিলে যে কাজ করা হয় তাহাকে ফুট-পাউণ্ড বলে।

সম্পর্ক : 1 foot pound = 32·2 foot-poundals

$= 32{\cdot}2 \times 4{\cdot}214 \times 10^5$ ergs $= 1{\cdot}36 \times 10^7$ ergs

$= 1{\cdot}36$ joules.

একক : ক্ষমতা :

সি. জি. এস্. ব্যবহারিক একক—এই এককের নাম 'ওয়াট' (Watt). এক সেকেণ্ড সময়ে এক জুল কার্য করিতে পারিলে সেই ক্ষমতাকে ওয়াট বলা হয়।

এফ্. পি. এস্. ব্যবহারিক একক—ইহার নাম অশ্বক্ষমতা বা হর্স পাওয়ার (Horse power). এক সেকেণ্ড সময়ে 550 ft. lbs. কার্য সম্পন্ন করিতে পারিলে সেই ক্ষমতাকে অশ্বক্ষমতা বা হর্স পাওয়ার বলে।

সম্পর্ক :

1 H. P. = 550 ft. lbs /sec

$= 550 \times 32{\cdot}2$ ft. poundals/sec

$= 550 \times 32{\cdot}2 \times 4{\cdot}21 \times 10^5$ ergs/sec

$= \dfrac{550 \times 32{\cdot}2 \times 4{\cdot}21 \times 10^5}{10^7}$ joules/sec

$= 746$ watts. (প্রায়)

প্রশ্ন ২। (ক) 'বলের দ্বারা কার্য করা' এবং (খ) 'বলের বিরুদ্ধে কার্য করা' বলিতে কি বোঝ? কোন ভারী বস্তুকে অমসৃণ মেঝের উপর দিয়া টানিয়া লওয়া অথবা বস্তুকে কিছু উপরে তোলা—এই উদাহরণের দ্বারা তোমার উত্তর ব্যাখ্যা কর। যখনই বল প্রয়োগ করা হয় তখনই কি কিছু কার্য করা হয়?

[When is work said to be done (*a*) *by* a force, (*b*) *against* a force ? Illustrate your answer taking as example the case of a heavy body which is either being pulled across a rough floor or being lifted. Is work done whenever a force is exerted ?]

[H. S. Exam., 1964]

উঃ। যখন কোন বস্তুর উপর বল প্রযুক্ত হয় এবং বস্তু বলের অভিমুখে সরিয়া যায় তখন বলা হয় যে বলের দ্বারা কার্য করা হইল। যদি বস্তুর সরণ বলের অভিমুখের বিপরীত দিকে হয় তবে বলা হয় যে বলের বিরুদ্ধে কার্য করা হইল।

যখন কোন ভারী বস্তুকে অমসৃণ মেঝের উপর দিয়া টানিয়া লওয়া হয় তখন ঘর্ষণ বল বস্তুর সরণের অভিমুখের বিপরীত দিকে কার্য করিয়া বস্তুর গতিতে বাধা দিবার চেষ্টা করে। তখন বলা হয় যে ঘর্ষণ বলের বিরুদ্ধে কার্য করা হইল। আর যে ব্যক্তি বস্তুর উপর বলপ্রয়োগ করে, বস্তুর সরণ ঐ ব্যক্তির বলপ্রয়োগের অভিমুখে হইলে বলা হয় ব্যক্তি কর্তৃক প্রযুক্ত বল কার্য করিয়াছে।

তেমনি কোন ভারী বস্তুকে কিছু উর্ধ্বে তুলিলে, অভিকর্ষ বলের বিরুদ্ধে কার্য করা হয় কারণ অভিকর্ষ বল সর্বদা নিম্নাভিমুখী ক্রিয়া করে। আর যে বল প্রযুক্ত হইল তাহাও উর্ধ্বাভিমুখী বলিয়া বলা হয় ঐ বল কার্য করিয়াছে।

আমরা জানি প্রযুক্ত বলের দ্বারা বলের প্রয়োগ-বিন্দুর সরণ না হইলে কোন কার্য করা হয় না। সুতরাং বলপ্রয়োগ করা হইলেই যে কার্য করা হইবে—একথা ঠিক নহে। যতক্ষণ পর্যন্ত প্রয়োগ-বিন্দুর কোন সরণ না হইতেছে, ততক্ষণ পর্যন্ত কোন কার্য করাই হইবে না। যেমন একটি বিরাট পাথরখণ্ডকে বলপ্রয়োগ করিয়া সরাইবার চেষ্টা করিয়া গলদ্‌ঘর্ম হইলেও পাথরখণ্ডটি না সরা পর্যন্ত কোন কার্য করা হয় না।

*প্রশ্ন ৩। শক্তি কাহাকে বলে? গতিশক্তি ও স্থিতিশক্তির মধ্যে পার্থক্য কি? উদাহরণ দ্বারা বুঝাইয়া দাও।

[What is energy ? Distinguish between kinetic and potential energy. Give suitable examples.]

[*cf.* H. S. Exam. 1961 ; '64, '66]

উঃ। শক্তি:

কোন বস্তুর কাজ করিবার সামর্থ্যকে তাহার শক্তি বলে এবং তাহার অবস্থার উপর নির্ভর করিয়া মোট যে কাজ করিতে পারে তাহাই উহার শক্তির

পরিমাণ। এখানে উল্লেখযোগ্য যে, শক্তি ও ক্ষমতা এক জিনিস নহে। শক্তি মোট কাজকে বুঝায় কিন্তু ক্ষমতা কার্যের হারকে বুঝায়।

গতিশক্তি: বস্তুর গতির জন্য বস্তু যে শক্তি সঞ্চয় করে তাহাকে গতিশক্তি বলে।

নদীর স্রোতে নৌকা ভাসাইয়া দিলে স্রোতের টানে নৌকা ভাসিয়া চলিবে। স্রোতযুক্ত পাহাড়ী নদীতে পাথরের টুকরা স্রোতের টানে গড়াইয়া চলে। জলপ্রপাতের বেগবান জলরাশির গতিকে কাজে লাগাইয়া বিদ্যুৎ শক্তি উৎপাদন করা হয়। বাতাসের বেগকে পালে লাগাইয়া আগেকার দিনে জাহাজ এবং আজকাল নৌকা চালান হয়। এইরূপ যে কোন গতিশীল বস্তু তাহার গতির জন্য কিছু শক্তি সঞ্চয় করে। গতি না থাকিলে ইহাদের কোন শক্তিও থাকিত না। এই শক্তিকেই গতিশক্তি বলা হয়। যদি কোন বস্তুর ভর 'm' হয় এবং 'v' গতিবেগ লইয়া চলে তবে প্রমাণ করা যায় যে উহার গতিশক্তি $=\frac{1}{2}mv^2$.

স্থিতিশক্তি: স্বাভাবিক অবস্থা (standard condition) হইতে পরিবর্তন করিয়া কোন বস্তুকে অন্য অবস্থায় আনিলে বস্তুতে কিছু শক্তি সঞ্চিত হয়। এই শক্তি ছাড়া পাইলে প্রয়োজনমত কাজ করিতে পারে। এই শক্তিকে স্থিতিশক্তি বলা হয়।

ঘড়ির স্প্রিংকে প্যাচ দিয়া রাখিলে স্প্রিংয়ে এই ধরনের স্থিতিশক্তি সঞ্চিত হয়। কারণ স্প্রিং ধীরে ধীরে প্যাঁচ খুলিয়া নিজের সঞ্চিত শক্তি ব্যয় করিবে এবং ঘড়ির কাঁটা ঘুরাইয়া দিবে।

লোহার খোঁটা মাটিতে পুঁতিবার সময় একটি ভারী লোহার মুগুর দিয়া খোঁটাকে আঘাত করা হয় ইহা তোমরা হয়ত দেখিয়াছ। এই মুগুরটি কপি-কলের সাহায্যে উপরে তুলিয়া তাহার পর ছাড়িয়া দেওয়া হয়। তখন মুগুরটি সবেগে নামিয়া খোঁটার উপর আঘাত করে। মুগুরটিকে ঐরূপে উচ্চে না তুলিলে কিন্তু খোঁটাকে পুঁতিতে পারিত না। অর্থাৎ মাটি হইতে তুলিবার জন্য মুগুরে কিছু শক্তি সঞ্চিত হইল। ইহাই স্থিতিশক্তি।

ধনুক হইতে তীর ছুঁড়িবার সময় ধনুকের ছিলাকে টানিয়া বাঁকান হয়। ঐরূপ না টানিলে তীর সম্মুখের দিকে জোরে অগ্রসর হইতে পারে না। অর্থাৎ টানিবার ফলে ছিলা যে নূতন অবস্থা প্রাপ্ত হইল তাহার ফলে ছিলাতে কিছু শক্তি সঞ্চিত হইল। যেই ছিলাকে ছাড়িয়া ঐ শক্তিকে মুক্ত করা হইবে তখন তাহা তীরকে সবেগে সম্মুখের দিকে চালনা করিবে।

প্রশ্ন ৪। শক্তি ও ক্ষমতার ভিতর পার্থক্য কি? ক্ষমতার যে-কোন একটি এককের উল্লেখ কর এবং তাহা হইতে শক্তির একক কিরূপে গঠন করা যায় ব্যাখ্যা কর।

[Distinguish between energy and power. Mention any unit of power and state how a unit of energy can be derived from it.]
[H. S. (Comp.), 1964]

উঃ। বস্তুর কাজ করিবার সামর্থ্যকে শক্তি বলে এবং অবস্থার উপর নির্ভর করিয়া বস্তু মোট যে কাজ সম্পাদন করে তাহাই ঐ বস্তুর শক্তির পরিমাণ। কিন্তু বস্তুর কাজ করিবার হারকে ক্ষমতা বলে। বস্তু মোট যে কাজ করে এবং মোট যে-সময় লয়, সেই কাজকে সময় দিয়া ভাগ করিলে বস্তুর ক্ষমতা পাওয়া যায়।

সুতরাং শক্তি বলিতে সময়ের কোন উল্লেখের প্রয়োজন করে না কিন্তু ক্ষমতা প্রকাশে সময় উল্লেখ করা প্রয়োজন। তাছাড়া, ক্ষমতা শক্তির উপর নির্ভরশীল।

শেষাংশ: সি. জি. এস্. পদ্ধতিতে ক্ষমতার একক ওয়াট (watt)। এক সেকেণ্ডে 1 joule কার্য করিতে পারিলে সেই ক্ষমতাকে এক ওয়াট বলা হয়।

আবার, 1 watt ক্ষমতাযুক্ত কোন বস্তু যদি 1 hour ব্যাপী কার্য করে তবে মোট কার্যের পরিমাণকে বলা হয় 1 watt-hour এবং ইহা শক্তির একটি একক।

প্রশ্ন ৫। শক্তির রূপান্তর ও নিত্যতা বলিতে কি বোঝ? উদাহরণ দ্বারা বুঝাইয়া দাও।

[What do you mean by transformation and conservation of energy? Explain with illustrations.]

উঃ। শক্তির রূপান্তর :

শক্তি বিভিন্ন অবস্থায় থাকিতে পারে। যেমন গতিশক্তি, স্থিতিশক্তি, তাপশক্তি, বৈদ্যুতিক শক্তি ইত্যাদি। এই বিভিন্ন প্রকারের শক্তি এক অবস্থা হইতে অন্য অবস্থাতে রূপান্তরিত হইতে পারে। ইহাকে শক্তির রূপান্তর বলে। ইহার বহু উদাহরণ দেওয়া যাইতে পারে।

যখন কোন প্রস্তরখণ্ডকে কিছু উঁচুতে তোলা হয় তখন তাহাতে সম্পূর্ণরূপে স্থিতিশক্তি বর্তমান। যখন প্রস্তরখণ্ডকে ছাড়িয়া দেওয়া হয় তখন ইহা মাটির দিকে আসিতে থাকে এবং ক্রমশঃ গতিবেগ বাড়িতে থাকে। অর্থাৎ ইহার স্থিতিশক্তি রূপান্তরিত হইয়া গতিশক্তিতে পরিণত হয়। প্রস্তরখণ্ডটি মাটি স্পর্শ করিবার পূর্ব মুহূর্তে সর্বাপেক্ষা বেশী গতিযুক্ত—অর্থাৎ তখন ইহার সম্পূর্ণ শক্তি গতিশক্তিতে পরিবর্তিত হয়। যখন ইহা মাটিকে আঘাত করিবে তখন ঐ গতিশক্তি, শব্দ, তাপ ও যান্ত্রিক শক্তিতে রূপান্তরিত হইবে।

জলবিদ্যুৎ উৎপাদন ব্যবস্থাতে এইরূপ বহুপ্রকার রূপান্তর দেখা যায়। জলপ্রপাত বা ঝরনার জল যখন বেগে উঁচু হইতে পড়ে তখন তাহার গতি-শক্তিকে জলবিদ্যুৎ উৎপাদনে ব্যবহার করা হয়। উঁচুতে থাকাকালীন জলের স্থিতিশক্তি থাকে। ঐ জল বেগে নীচে পড়িলে উহা দ্বারা টারবাইনের চাকা ঘুরান হয়। এখানে জলের স্থিতিশক্তি চাকার গতিশক্তিতে পরিণত হইল। টারবাইনের চাকার গতিকে কাজে লাগাইয়া ডাইনামোর সাহায্যে বিদ্যুৎ উৎপাদন করা হয়—অর্থাৎ গতিশক্তি এইবার বৈদ্যুতিক শক্তিতে রূপান্তরিত হইল। এই বৈদ্যুতিক শক্তিকে যখন সরবরাহ করা হয় তখন ইহা আলোকশক্তি, তাপশক্তি, চুম্বকশক্তি বা যান্ত্রিক শক্তিতে রূপান্তরিত হয় -কারণ এই বিদ্যুতের সাহায্যে আমরা বাড়ীতে আলো জ্বালাই, বৈদ্যুতিক স্টোভ ব্যবহার করি, তড়িৎ-চুম্বক দ্বারা নানপ্রকার কাজ করি, ট্রাম চালাই, পাখা ঘুরাই ইত্যাদি।

সুতরাং এই সমস্ত উদাহরণ হইতে আমরা বলিতে পারি যে শক্তির বিভিন্ন রূপের ভিতর সর্বদা রূপান্তর সংঘটিত হয়। প্রকৃতপক্ষে প্রকৃতিতে আমরা যে প্রতিনিয়ত পরিবর্তন দেখিতে পাই ইহাই শক্তির রূপান্তরের প্রকৃষ্ট উদাহরণ।

শক্তির নিত্যতা :

আমরা শক্তির রূপান্তরের ক্ষেত্রে দেখিতে পাইয়াছি যে একপ্রকার শক্তি অদৃশ্য হয়—তৎপরিবর্তে অন্যপ্রকার শক্তি আত্মপ্রকাশ করে। কিন্তু রূপান্তরের সময় কোন শক্তির বিনাশ হয় না বা কোন নতুন শক্তির সৃষ্টি হয় না। দেখা গিয়াছে যে, যে শক্তি বিনষ্ট হইয়াছে বলিয়া মনে হয় ঠিক তাহার সমান অন্যপ্রকার শক্তির উদ্ভব হইয়াছে। মোট শক্তির পরিমাণ সর্বদা অপরিবর্তিত থাকে। ইহাকেই 'শক্তির নিত্যতা' বলা হয়।

সর্বক্ষেত্রে প্রযোজ্য ইহার কোন সাধারণ প্রমাণ যদিও সম্ভব নয় তবুও বিভিন্ন রূপান্তরের ক্ষেত্রে 'শক্তির নিত্যতা' সূত্রের সত্যতা নিরূপিত হইয়াছে। বিশেষ করিয়া উঁচু হইতে ফেলা কোন বস্তুর ক্ষেত্রে সহজে প্রমাণ করা যায় যে-কোন স্থানে ঐ পড়ন্ত বস্তুর স্থিতিশক্তি ও গতিশক্তির মোট পরিমাণ সর্বদা নিত্য (constant)। তাছাড়া 'যান্ত্রিক শক্তিকে তাপশক্তিতে রূপান্তরিত করিয়া শক্তির নিত্যতা' সূত্রের পরীক্ষামূলক প্রমাণও পাওয়া গিয়াছে।

****প্রশ্ন ৬। (ক) কোন গতিশীল বস্তুর গতিশক্তি ও কোন উচ্চস্থানে অবস্থিত বস্তুর স্থিতিশক্তির পরিমাণ নির্ধারণ কর।**

(খ) প্রমাণ কর যে কোন পতনশীল বস্তুর গতিশক্তি ও স্থিতিশক্তির যোগফল সর্বদা নিত্য।

[(*a*) Calculate the kinetic energy of a moving body and the potential energy of a body raised to a certain height.

[H. S. Exam., 1961]

(*b*) Prove that for a falling body the sum of kinetic and potential energy is always constant.] [H. S. Exam. 1968]

উঃ। (ক) গতিশক্তির পরিমাণ :

ধর, m-ভরসম্পন্ন কোন বস্তুকণা u বেগ লইয়া চলিতেছে। উহার গতিশক্তি নির্ধারণ করিতে হইবে।

মনে কর, বস্তু যে-দিকে যাইতেছে তাহার বিপরীত দিক হইতে বস্তুর উপর P বলপ্রয়োগ করা হইল। ফলে বস্তুর বেগ ক্রমশঃ কমিতে থাকিবে এবং ধরা যাউক S দূরত্ব গিয়া বস্তু সম্পূর্ণ স্থির হইল। এক্ষেত্রে P বলের বিরুদ্ধে বস্তু যে-কার্য সম্পাদন করিল গতিশক্তির সংজ্ঞা অনুযায়ী তাহাই হইবে বস্তুর গতিশক্তির পরিমাণ।

এখন, কার্যের সংজ্ঞা হইতে আমরা লিখিতে পারি, বস্তু যে কার্য সম্পাদন করিল তাহা W হইলে, $W=$ বল $\times$ দূরত্ব $= P\times S$. সুতরাং বস্তুর গতিশক্তি $= W = P\times S$.

এখন P বলপ্রয়োগে বস্তুর যে-মন্দন সৃষ্টি হইল তাহা f ধরিলে আমরা জানি যে $P=mf\cdots$(i)

তাছাড়া বস্তুর প্রারম্ভিক বেগ $=u$; চূড়ান্ত বেগ $=0$ (কারণ বস্তু পরে স্থির অবস্থায় আসিল), অতিক্রান্ত দূরত্ব $=S$ এবং মন্দন $=-f$. কাজেই

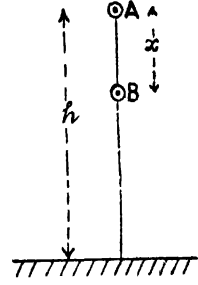
$v^2=u^2+2fS$. সমীকরণ হইতে লেখা যাইবে

$$0=u^2-2f.S \quad \text{or,}\ S=\frac{u^2}{2f}\cdots \text{(ii)}$$

(i) এবং (ii) সমীকরণ হইতে P এবং Sএর মান বসাইলে, বস্তুর গতিশক্তি $W=mf\times\dfrac{u^2}{2f}=\frac{1}{2}mu^2=\frac{1}{2}\times$ ভর $\times$ (বেগ)^2

স্থিতিশক্তির পরিমাণ: ধর, m-ভরসম্পন্ন কোন বস্তুকণাকে 'h' খাড়া উচ্চতায় লওয়া হইল। এক্ষেত্রে বস্তুর ওজন $=mg$. আমরা জানি ওজন একটি বল এবং উহা নিম্নাভিমুখী ক্রিয়া করে। সুতরাং বলা যাইতে পারে যে mg বলের প্রয়োগ বিন্দুকে h দূরত্ব সরানো হইল। ইহাতে যে-কার্য সম্পাদিত হইল তাহা $=$ বল $\times$ দূরত্ব $=mg\times h$.

এই কার্যই বস্তুতে স্থিতিশক্তিরূপে সঞ্চিত থাকে। অতএব বস্তুর স্থিতিশক্তি $=mgh=$ ওজন $\times$ খাড়া উচ্চতা।

(খ) ধর, m-ভরসম্পন্ন কোন বস্তুকে মাটি হইতে h উচ্চতায় A বিন্দুতে লইয়া হইল (চিত্র ক)। A বিন্দুতে বস্তুর স্থিতিশক্তি $= mgh$ এবং গতিশক্তি $= 0$ কারণ বস্তুটি A বিন্দুতে স্থির আছে। কাজেই A বিন্দুতে বস্তুর মোট শক্তি $= mgh$.

এখন, বস্তুটির পড়িবার পথে যে-কোন বিন্দু B কল্পনা কর। মনে কর A হইতে B বিন্দুর দূরত্ব $= x$. এখন B বিন্দুতে বস্তুর কিছু গতিশক্তি এবং কিছু স্থিতিশক্তি থাকিবে। মাটি হইতে B বিন্দুর উচ্চতা$=(h-x)$; কাজেই ঐস্থানে বস্তুর স্থিতি-শক্তি$=mg(h-x)$. যদি পড়িবার সময় B বিন্দুতে উপস্থিত হইয়া বস্তুর বেগ 'v' হয় তবে ঐ বিন্দুতে বস্তুর গতিশক্তি$=\frac{1}{2}mv^2$,

চিত্র ক

এখন, বস্তুর প্রারম্ভিক বেগ$=0$ [কারণ বস্তু A বিন্দুতে স্থির ছিল]; B বিন্দুতে বেগ$=v$; A হইতে B-এর দূরত্ব$=x$ এবং পড়িবার সময় ত্বরণ$=g$.

কাজেই, $v^2=u^2+2gx$ or $v^2=0+2gx=2gx$.

$\therefore$ B বিন্দুতে বস্তুর গতিশক্তি$=\frac{1}{2}mv^2=\frac{1}{2}m\times 2gx=mgx$.

সুতরাং B বিন্দুতে বস্তুর মোট শক্তি$=mg\ (h-x)+mgx$.

$=mgh-mgx+mgx=mgh$

$=$ A বিন্দুতে বস্তুর মোট শক্তি

অর্থাৎ পতনশীল বস্তুর মোট শক্তি সর্বদা সমান। ইহা শক্তির নিত্যতা সূত্র প্রমাণ করে।

অঙ্ক

1. 180 lb. ওজনের একজন মানুষ 90 lb. বোঝা লইয়া 30 ft. উচ্চে উঠিল। সে কত কাজ করিল এবং তাহার ঐ কাজ সম্পন্ন করিতে 1 minute সময় লাগিলে তাহার অশ্বক্ষমতা নির্ণয় কর।

[A man, weighing 130 lbs. ascends a height of 30 ft. carrying a load of 90 lbs. What work does he do ? If he takes 1 minute to do the work, find his horse-power.]

উঃ। এক্ষেত্রে মোট ওজন = 130 + 90 = 220 lb.

সুতরাং কৃত কার্য = মোট ওজন × উচ্চতা

$= 220 \times 30 = 6600$ ft. lbs.

যেহেতু এই কার্য এক মিনিটে সম্পাদিত হইল কাজেই,

ক্ষমতা $= \frac{6600}{60}$ ft. lb/sec. ∴ অশ্ব-ক্ষমতা $= \frac{6600}{60 \times 550} = 0{\cdot}2$

2. 1000 gms. ভরসম্পন্ন একটি বস্তুকে 40 cm/sec². ত্বরণ দেওয়া হইল। বস্তুটি 250 cm. পথ অতিক্রম করিলে কত কাজ সম্পন্ন হইল ?

[An acceleration of 40 cm/sec² is imparted to mass of 1000 gms. If the mass moves through 250 cm. what work is done ?]

উঃ। এস্থলে যে বল প্রযুক্ত হইল তাহা প্রথমে নির্ণয় করিতে হইবে। আমরা জানি,

বল = ভর × ত্বরণ $= 1000 \times 40$

$= 40000$ dynes.

∴ কৃত কার্য = বল × দূরত্ব $= 40000 \times 250$

$= 10^7$ ergs. = 1 joule.

3. 50 gms. ওজনের একটি বস্তুকে কিছু উঁচু হইতে ফেলা হইল। 5 seconds পড়িবার পর উহার গতিশক্তি কত হইবে নির্ণয় কর।

[A mass of 50 gms. is let fall from a certain height. What will be its kinetic energy after it has fallen for 5 seconds ?]

উঃ আমরা জানি, $v = u + ft$.

এস্থলে $u = 0$, $t = 5$ sec, $f = g = 980$ cm/sec², $v = ?$

সুতরাং $v = 0 + 980 \times 5 = 4900$ cm/sec.

এখন, গতিশক্তি $= \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2} \times 50 \times (4900)^2$

$= 60025 \times 10^4$ ergs.

4. 100 ft. গভীর একটি জলপূর্ণ কূপ হইতে ঘণ্টায় 22000 gallon জল পাম্প করিবার জন্য একটি পাম্প ব্যবহার করিতে হইবে। পাম্পটির অশ্ব-ক্ষমতা কত হইবে? (1 gallon = 10 lbs)

[A pump is to be used to pump out 22000 gallons of water per hour from a well 100 ft. deep. What will be the H. P. of the pump ? 1 gallon = 10 lbs.]

উঃ। এস্থলে সমস্ত জলকে 100 ft. তুলিতে হইবে না ; কারণ সমস্ত জলই 100 ft. গভীর নয়। যে গড় উচ্চতা তুলিতে হইবে তাহা $=\frac{100}{2}=50$ ft.

$\therefore$ কৃত কার্য $=22000\times 50$ ft lbs.

অতএব, কার্যের হার $=\frac{22000\times 50}{60\times 60}$ ft. lbs/sec.

সুতরাং অশ্ব-ক্ষমতা $=\frac{22000\times 50}{60\times 60\times 550}=5\cdot55.$

5. 5 অশ্ব-ক্ষমতাযুক্ত পাম্প দ্বারা একটি কূয়া হইতে 30 ft. উচ্চে জল তোলা হইল। পাম্পটির ক্ষমতার 85% কার্যকর হইলে প্রতি মিনিটে কত গ্যালন জল তোলা হইল?

[A 5 H. P. pump is used to raise water to a height of 30 ft. from a well. If 85% of the power is utilised in doing the work, how many gallons of water will be raised per minute ?]

উঃ। ক্ষমতার 85% কার্যকর হইলে, কার্যকর অশ্ব-ক্ষমতা $=\frac{85\times 5}{100}$

সুতরাং প্রতি মিনিটে কৃত কার্য = ক্ষমতা × সময়

$$=\frac{85\times 5\times 60\times 550}{100}\text{ ft. lbs.}=85\times 1650\text{ ft. lbs.}$$

যদি 'm' gallons জল তোলা হয় তবে কৃত কার্য $=m\times 30\times 10$ ft. lbs.

$\therefore\quad m\times 30\times 10=85\times 1650$

$$\therefore\quad m=\frac{85\times 1650}{30\times 10}=467\cdot5\text{ gallons.}$$

6. একটি বস্তুর 1 joule গতিশক্তি আছে। উহার গতির বিরুদ্ধে 1 megadyne ($=10^6$ dynes) বলপ্রয়োগ করা হইল। বস্তুটি গতিহীন হইবার পূর্বে কত দূরত্ব অতিক্রম করিবে?

[A body has 1 joule of kinetic energy. It is opposed by a force of 1 megadyne ($=10^6$ dynes). How far will the body move before coming to rest ?] [H. S. Exam., 1964]

উঃ। বস্তুটির গতিশক্তি $=1$ joule $=10^7$ ergs.

ধর, বস্তুটি গতিহীন হইবার পূর্বে S cm. দূরত্ব অতিক্রম করিল। অতএব, প্রযুক্ত বল কর্তৃক কৃত কার্য = বল × দূরত্ব $=10^6 \times S$ ergs.

এই কার্য বস্তুটির গতিশক্তির সমান হইবে। সুতরাং

$$10^6 \times S = 10^7 \; ; \quad \therefore \; S = 10 \text{ cm.}$$

অনুশীলনী

1. একটি 2 ton ওজনের বস্তুকে 20 ft. উচ্চে তুলিতে কত কাজ করিতে হইবে? (1 ton = 2240 lbs.)

[How much work is done in raising a weight of 2 tons through 20 ft. ? 1 ton = 2240 lbs.] [উঃ 89600 ft. lbs.]

2. একটি এঞ্জিন 10 টন মাল আধ মিনিটে 30 ft. উচ্চে তুলিতে পারে। এঞ্জিনটির ক্ষমতা কত? তোমার উত্তর অশ্ব-ক্ষমতা ও কিলোওয়াটে নির্ণয় কর।

[An engine can raise a mass of 10 tons through a height of 30 ft. in half-a-minute. What is the power of the engine ? Put your answer in H. P. and kilowatt.]

[উঃ 40·7 H. P. ; 30·4 K. W.]

3. 200 lb. ওজনের একজন মানুষ 200 ft. উঁচু এক মিনারের মাথায় 8 minute সময়ে উঠিতে পারে। মানুষটির অশ্ব-ক্ষমতা নির্ণয় কর।

[A man, weighing 200 lbs. can climb to the top of a tower 200 ft. high in 8 minutes. Calculate the power of the man in H. P.] [উঃ $\frac{5}{33}$]

4. 9 stone ওজনের একটি বালক 3 মিনিটে 80 ft. উঁচু একটি বাড়ীর তলা হইতে ছাদে যাইতে পারে। বালকটি কত কাজ করিল? উহার ক্ষমতা কত? [1 stone = 14 lbs.]

[A boy, weighing 9 stone, can climb the roof of a house 80 ft. high in 3 minutes. What work did the boy do ? What is his power ?] [উঃ 10080 ft. lbs ; 0·1 H. P.]

5. 150 lb. ওজনের একজন লোক বিদ্যালয় গৃহের সিঁড়ি বাহিয়া দোতলা হইতে চারতলা পর্যন্ত 40 ft. উচ্চতা 12 second সময়ে দৌড়াইয়া উঠিতে পারে। তাহার অশ্ব-ক্ষমতা নির্ণয় কর।

[A man weighing 150 lbs. runs up the stairs from the first floor to the third floor of a school building, a vertical distance of 40 ft. in 12 sec. What is his power in H. P. ?] [উ: 0·9 (প্রায়)]

6. 250 ton ওজনের একটি ট্রেণ ঘণ্টায় 60 mile বেগে চলিলে উহার শক্তি কত? বেগ 65 miles/hr করিতে হইলে উহাতে কত শক্তি যোগাইতে হইবে?

[If a train, weighing 250 tons move at the rate of 60 miles/hr., calculate its energy. What energy is to be supplied to it to make it move at the rate of 65 miles/hr. ?]

[উ: $(88)^2 \times 28 \times 10^4$ ft. poundals ; $37·3 \times 10^3$ ft. poundals (প্রায়)]

7. একটি ক্রেন 10 টন মাল আধ মিনিটে 30 ft. উঁচুতে তুলিতে পারে। যন্ত্রটির ক্ষমতা অশ্ব-ক্ষমতা ও কিলোওয়াটে প্রকাশ কর।

[A crane can lift 10 tons of goods at a height of 30 ft. in half a minute. Express its power in H. P. and kilowatt.]

[উ: 40·7 H. P. ; 30·4 K. W.]

8. 180 lb. ওজনের একজন রাজমিস্ত্রী 5 মিনিটে 200 ft. উঁচু একটি গম্বুজের শীর্ষে উঠিয়া গেল। উহার ক্ষমতা কত?

[A mason climbed to the top of a tower 200 ft. high in 5 minutes. If the mason weighs 180 lbs., what is his power ?]

[উ: 0·218 H. P.]

9. 100 gm. ওজনের একটি বস্তুকে 10 metre উঁচুস্থান হইতে ফেলা হইল। মাটিতে স্পর্শ করিবার পূর্বে উহার গতিশক্তি কত হইবে?

[A mass, weighing 100 gms. is dropped from a height of 10 metres. What will be its kinetic energy just before striking the ground ?] [উ: 9·8 joules]

10. একটি এঞ্জিন প্রতি মিনিটে 5000 gallon জল গড়ে 20 ft. উঁচুতে তুলিতে পারে। যদি এঞ্জিনের ক্ষমতার 30% কার্যকর না হয়, তবে উহার মোট অশ্ব-ক্ষমতা নির্ণয় কর।

[An engine can lift 5000 gallons of water to an average height of 20 ft. in a minute. If 30% of the efficiency of the engine is lost, calculate its total energy.] [উ: 43·3 H. P.]

11. একটি এঞ্জিন 10 অশ্ব-ক্ষমতা সম্পন্ন এবং উহাকে 150 ft. উঁচুতে জল তোলার জন্য নিযুক্ত করা হইল। ঘণ্টায় কত জল তোলা হইবে তাহা গ্যালনে নির্ণয় কর।

[An engine of 10 H. P. is used to raise water to a height of 150 ft. Calculate the quantity of water, in gallons, raised in an hour.] [উ: 13200]

12. একটি এঞ্জিন প্রতি মিনিটে 250 gallon জল 40 yds. উঁচুতে তুলিলে, উহার অশ্ব-ক্ষমতা কত?

[What should be the H. P. of an engine which is intended to pump 250 gallons of water per minute to a height of 40 yds. ? [H. S. Exam. 1961] [উ: 9·09]

13. যদি সমুদ্রস্তর অপেক্ষা 1 mile উঁচু হইতে মেঘ কর্তৃক বারিপাত হয় এবং 1 sq. mile পরিমাণ জায়গায় ½ inch জল জমে তবে মেঘে ঐ জল সঞ্চয় করিতে কত কাজ করিতে হইবে?

[If clouds are 1 mile above the surface of the earth and rain-fall is sufficient to cover 1 sq. mile, at sea-level ½ inch deep, how much work is done in raising the water to the clouds ?] [উ: $3{\cdot}832 \times 10^{11}$ ft. lbs.]

[সংকেত : বারিপাতের আয়তন $= (1760 \times 3)^2 \times \frac{1}{2 \times 12}$ c. ft.

এবং উহার ওজন $= \frac{(1760 \times 3)^2}{24} \times 62{\cdot}5$ lbs.

$\therefore$ কৃত কার্য $= \frac{(1760 \times 3)^2}{24} \times 62{\cdot}5 \times 1760 \times 3$ ft. lbs.]

14. 1 Kg. ভরসম্পন্ন একটি বস্তুর গতিবেগ 5 seconds সময়ে 5 cm/sec. হইতে 20 cm/sec.-এ বৃদ্ধি পাইল। বস্তুর উপর কত বল প্রযুক্ত হইল এবং ঐ পরিবর্তনের সময় বস্তুর উপর কত কাম করা হইল নির্ণয় কর।

[The velocity of a body weighing 1 Kg. changes from 5 cm./sec. to 20 cm/sec. in 5 seconds. Find the force acting and the work done on the body during the change.

[উ: 3000 dynes ; 187500 ergs] [H. S. Exam., 1966]

[সংকেত : কৃত কার্য = গতিশক্তির পরিবর্তন $= \frac{1}{2}m(v^2 - u^2)$ এই সমীকরণ প্রয়োগ কর]

তাপ-বিজ্ঞান

প্রথম পরিচ্ছেদ

তাপের যান্ত্রিক সমতা এবং এঞ্জিন

প্রশ্ন ১। কি কি কারণে তাপকে 'গতির এক প্রকার রূপ' বলিয়া গণ্য করা যাইতে পারে তাহার বিশদ বিবরণ দাও।

[Give an outline of the arguments which led to the conclusion that heat is a 'mode of motion.'] [H. S. Exam., 1966)

অথবা

তাপের স্বরূপ সম্বন্ধে বিভিন্ন মতবাদের উপর একটি ক্ষুদ্র প্রবন্ধ লিখ।

[Write a short essay on the theories as to the nature of heat.]

উঃ। তাপের স্বরূপ সম্বন্ধে বিভিন্ন সময়ে বিভিন্ন মতবাদ প্রচলিত ছিল। তন্মধ্যে ক্যালরিক মতবাদ (Caloric theory) সর্বাপেক্ষা পুরাতন।

ক্যালরিক মতবাদ: এই মতবাদ উনবিংশ শতাব্দীতে সমধিক প্রচলিত ছিল। এই মতবাদ অনুযায়ী তাপকে এক পদার্থ বিশেষ বলিয়া গণ্য করা হইত। এই পদার্থের নাম দেওয়া হইয়াছিল ক্যালরিক। ইহা অক্ষয়, অদৃশ্য ও ওজনশূন্য। এই ক্যালরিক সব পদার্থে বর্তমান এবং উহা উষ্ণতর বস্তু হইতে শীতলতর বস্তুতে প্রবাহিত হইতে পারে। যেহেতু ক্যালরিক সৃষ্টি করা যায় না বা ধ্বংস করা যায় না সেইজন্য মোট তাপ সর্বদা নিত্য। কোন বস্তু যে পরিমাণ ক্যালরিক ত্যাগ করিবে অন্য বস্তু ঠিক সেই পরিমাণ ক্যালরিক লাভ করিবে। চাপ অথবা ঘর্ষণে তাপ উৎপাদন আর কিছুই নয়—স্পঞ্জ হইতে চাপিয়া জল বাহির করিবার ন্যায়—এক বস্তুকে চাপিয়া ক্যালরিক বাহির করিয়া অন্য বস্তুতে প্রদানের ফল। ক্যালরিক বাহির হইবার সঙ্গে সঙ্গে অন্য বস্তু তাহা শোষণ করিয়া লয় এবং তাহার উষ্ণতা বৃদ্ধি পায়। উত্তাপে কোন বস্তুর ওজনের তারতম্য হয় না বলিয়া ক্যালরিককে তদানীন্তন বিজ্ঞানীরা ওজনশূন্য পদার্থ মনে করিতেন।

রামফোর্ডের পরীক্ষা : 1798 খ্রীষ্টাব্দে কাউণ্ট রামফোর্ড কামানের নল ছেঁদা করাইতে গিয়া একটি ব্যাপার লক্ষ্য করেন। তিনি দেখিলেন যে ছেঁদা করিবার সময় নলটি এবং ছেঁদা করিবার যন্ত্রটি—উভয়েই উত্তপ্ত হইয়া উঠিয়েছে। এই তাপের পরিমাণ প্রচুর। শুধু তাহাই নহে, যতক্ষণ ছেঁদা করা যায় ততক্ষণই তাপ নির্গত হয় এবং ছেঁদা করান বন্ধ করিলে তাপ-সৃষ্টিও বন্ধ হয়। তিনি আরো লক্ষ্য করিলেন যে ধাতুর খণ্ড খণ্ড অবস্থায় যে আপেক্ষিক তাপ গোটা অবস্থাতেও আপেক্ষিক তাপ একই। এই সমস্ত ঘটনা হইতে তাঁহার সন্দেহ জন্মিল যে তাপ কোন পদার্থ বিশেষ নয়—ইহা গতির একপ্রকার রূপ। ঠিক এই সময়ে সার হাম্‌ফ্রে ডেভীও অন্যান্য কতকগুলি পরীক্ষার ফলে ঐ একই সিদ্ধান্তে উপনীত হইলেন।

গতীয় মতবাদ (Dynamic theory) **:** বিভিন্ন ঘটনা হইতে ইহা সিদ্ধান্ত করা হইল যে তাপ গতির একপ্রকার রূপ। কিন্তু প্রশ্ন হইতেছে—কিসের গতি ? গতীয় মতবাদ হইতে এই প্রশ্নের উত্তর মিলিবে। এই মতবাদ অনুযায়ী প্রত্যেক পদার্থের অণুপরমাণুগুলি সর্বদা স্পন্দনশীল। এই অণুগুলির স্পন্দনের দরুন যে মোট গতিশক্তি পদার্থে বর্তমান তাহাই পদার্থের মোট তাপের কারণ। যখন কোন পদার্থকে উত্তপ্ত করা হয়, তখন অণুগুলির স্পন্দন দ্রুততর হয়। অর্থাৎ উহাদের গতিশক্তির পরিমাণ বৃদ্ধি পায়। আবার যখন বস্তুকে শীতল করা হয় তখন স্পন্দন শ্লথ হওয়ায় গতিশক্তি কমিয়া যায়। সুতরাং তাপ আর কিছুই নয় পদার্থের অণুগুলির স্পন্দনের দরুন গতিশক্তির রূপান্তর। এই কারণে তাপকে একপ্রকার শক্তি বলিয়া গণ্য করা হয়। বিজ্ঞানীরা তাপের স্বরূপের এই মতবাদকেই আজকাল প্রকৃত মতবাদ বলিয়া গ্রহণ করিয়াছেন।

****প্রশ্ন ২। তাপের যান্ত্রিক সমতা বলিতে কি বুঝায় ? যান্ত্রিক সমতা 4.2×10^7 ergs/caloric—এই উক্তির অর্থ কি ? উহা নির্ণয়ের একটি পদ্ধতি বর্ণনা কর।**

[What do you mean by mechanical equivalent of heat ? Mechanical equivalent of heat is 4.2×10^7 ergs/calorie—

What does this statement mean? Describe a method of determining it.] [H. S (Comp.), 1964]

উঃ। আমরা জানি তাপ একপ্রকার শক্তি। দুইটি বস্তুকে পরস্পরের সহিত ঘর্ষণ করিলে তাপের উদ্ভব হয়, লাইনের উপর দিয়া রেলগাড়ী চলিয়া গেলে উহাদের ঘর্ষণে লোহার লাইন উত্তপ্ত হইয়া উঠে; কামার যখন হাতুড়ী দিয়া লোহা পিটায় তখন লোহা উত্তপ্ত হইয়া পড়ে। অর্থাৎ কোন কাজ সম্পাদিত হইলেই তাপ উৎপন্ন হয়। বহু পরীক্ষার ফলে দেখা গিয়াছে যে যান্ত্রিক কাজ (mechanical work) ও তাপের একটি সম্পর্ক আছে—অর্থাৎ উৎপাদিত তাপ সর্বদা সম্পাদিত কাজের সমানুপাতিক। যদি সম্পাদিত কার্যের পরিমাণ W এবং তাপের পরিমাণ H হয়, তবে,

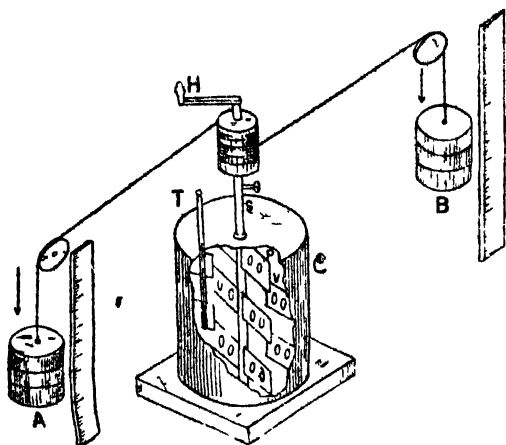
$$W \propto H$$

অথবা, $W = JH$ [J = ধ্রুবক]

এই ধ্রুবক J-কে বলা হয় তাপের যান্ত্রিক সমতা।

সুতরাং তাপের যান্ত্রিক সমতা 4.2×10^7 ergs/calorie বলিলে ইহাই বুঝায় যে 1 calorie তাপ উৎপাদনের জন্য 4.2×10^7 ergs কাজ সম্পাদিত হওয়া প্রয়োজন।

J নির্ণয়ের পদ্ধতি : 1 নং চিত্রে J নির্ণয়ের পদ্ধতির উপযুক্ত ব্যবস্থা দেখানো হইল। ইহাতে C একটি তামার ক্যালরিমিটার। ইহার গায়ে চার জোড়া পাত (V) শক্তভাবে লাগানো আছে। ইহার মুখ একটি অন্তরক ঢাকনা দ্বারা বন্ধ করা। এই ঢাকনার মধ্যস্থলে একটি ছিদ্র দিয়া একটি দণ্ড S ক্যালরিমিটারের ভিতরে ঢুকানো এবং এই দণ্ডের গায়েও চার জোড়া পাত (P) দৃঢ়ভাবে যুক্ত। S দণ্ডটি ঘুরিলে P-পাতগুলি V-পাতের ফাঁকের ভিতর দিয়া ঘুরিতে পারে। S-দণ্ডটি একটি পিনের সাহায্যে একটি কাঠের চোঙের (cylinder) সহিত যুক্ত। এই চোঙের গা দিয়া দুইটি সুতা জড়াইয়া দুইটি কপিকলের সাহায্যে সুতার প্রান্ত হইতে দুইটি একই ধরনের ভার A ও B ঝুলানো থাকে। সুতাকে চোঙের গায়ে জড়াইবার জন্য চোঙের সহিত একটি হাতল H দেওয়া থাকে। ভার দুইটির পাশে অবস্থিত দুইটি খাড়া স্কেল হইতে

ভার দুইটি কত উচ্চতা হইতে পড়ে তাহা জানা যায়। ক্যালরিমিটারের ভিতর জাত ওজনের কিছু জল রাখা হয় এবং ঢাকনার ছিদ্র দিয়া থার্মোমিটার T জলে প্রবেশ করাইয়া জলের প্রারম্ভিক তাপমাত্রা দেখিয়া রাখা হয়।

চিত্র নং 1

এখন H হাতল দিয়া চোঙের গায়ে সুতা জড়াইয়া ভার দুইটিকে একটি নির্দিষ্ট উচ্চতায় তুলিয়া উহাদের অবাধে (freely) পড়িতে দিলে S-দণ্ডটি ঘুরিতে থাকিবে। সঙ্গে সঙ্গে P-পাতগুলিও ঘুরিবে এবং জলে একটি আবর্তনের সৃষ্টি করিবে। কিন্তু ক্যালরিমিটারের গায়ে আবদ্ধ V-পাতগুলি জলের এই আবর্তনকে বাধা দিবে। ফলে জলের গতিশক্তি তাপশক্তিতে পরিণত হইয়া জলের তাপমাত্রা বৃদ্ধি করিবে। এইরূপে ভার দুইটিকে একই নির্দিষ্ট উচ্চতা হইতে দ্রুত কয়েকবার ফেলিলে জলের তাপমাত্রা বেশ বৃদ্ধি পাইবে এবং থার্মোমিটারের সাহায্যে ঐ বর্ধিত চূড়ান্ত (final) তাপমাত্রা লক্ষ্য করিতে হইবে। এই পাঠগুলি (readings) হইতে নিম্নোক্ত উপায়ে J-র মান নির্ণয় করিতে হইবে।

ধর, ভার দুইটির প্রত্যেকের মান $= M$ gms.

উহাদের পড়িবার উচ্চতা $= h$ cm.

প্রত্যেক পতনে উহাদের দ্বারা কৃত কার্য $= 2\,M.g.h.$

মোট 'n' বার পড়িবার ফলে কৃত কার্য $= 2n.\,M.g.h.$

ধর, ক্যালোরিমিটারের জলসম W gms. এবং জলের পরিমাণ m gms. এবং তাপমাত্রাবৃদ্ধি $(t_2-t_1)^\circ$C. সুতরাং জল ও ক্যালরিমিটার কর্তৃক গৃহীত তাপ $H=(W+m)(t_2-t_1)$

কিন্তু আমরা জানি, কৃত কার্য=J×উৎপাদিত তাপ

অথবা, $2n.M.g.h=J\times(W+m)(t_2-t_1)$

$$\therefore\quad J=\frac{2n.M.g.h}{(W+m)(t_2-t_1)}$$

প্রশ্ন ৩। 'কার্য করিলে তাপ উৎপন্ন হয়' ইহা বুঝাইবার জন্য দুইটি সাধারণ উদাহরণ দাও।*

তাপের যান্ত্রিক সমতা 4·2 Joules per calorie—ইহা ব্যাখ্যা কর। জুল কাহাকে বলে ?

[Mention two common examples to illustrate transformation of work into heat.

Explain 'Mechanical equivalent of heat is 4·2 Joules per calorie'. What is a Joule ?] [H. S. Exam., 1960]

উঃ। উদাহরণ : (i) ছুরি, কাঁচি প্রভৃতি শান্ দেওয়ার সময় আগুনের ফুল্কি উঠে। শান্ দেওয়ার সময় ছুরি বা কাঁচির সহিত পাথরের ঘর্ষণে যে কাজ সম্পাদিত হয় তাহা তাপে পরিণত হয় এবং তাহার ফলে আগুনের ফুল্কি দেখা যায়।

(ii) শীতকালে খুব ঠাণ্ডা বোধ হইলে আমরা হাতে হাত ঘষিয়া হাত উত্তপ্ত করি। ইহাও কার্য তাপে পরিণত হইবার সাধারণ উদাহরণ। হাতে হাত ঘষিবার ফলে কিছু যান্ত্রিক কার্য সম্পন্ন হয়। এই কার্য তাপে রূপান্তরিত হইয়া হাতকে উত্তপ্ত করে।

দ্বিতীয়াংশ : ২নং প্রশ্নের উত্তর দ্রষ্টব্য।

তৃতীয়াংশ : 'জুল্' কার্যের ব্যবহারিক একক। 10^7 ergs=1 Joule.

প্রশ্ন ৪। তাপ এক প্রকার শক্তি—এই উক্তির সমর্থনে দুইটি উদাহরণ দাও। কার্য ও তাপের মধ্যে কি সম্পর্ক নির্ণীত হইয়াছে ?

জুল তুল্যাঙ্কের সংজ্ঞা লিখ। সি. জি. এস্. পদ্ধতিতে উহার মান কত ?

[Mention two examples which lead to the conclusion that heat is a form of energy. What relation has been established between work done and heat developed ? Define Joule's equivalent What is its value in the C. G. S. system ?]

[H S. Exam., 1961, '63, '66]

উঃ। ২নং প্রশ্নের উত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ৫। এঞ্জিন কাহাকে বলে ? বহির্দহন এবং অন্তর্দহন এঞ্জিনের তফাত কি ? স্টীম এঞ্জিন কোন্ প্রকারের ? ইহার বিবরণ ও কার্যপ্রণালী ব্যাখ্যা কর।

[What is an engine ? What is the difference between external and internal combustion engines ? To which type the steam engine belongs ? Describe it and explain its principle].

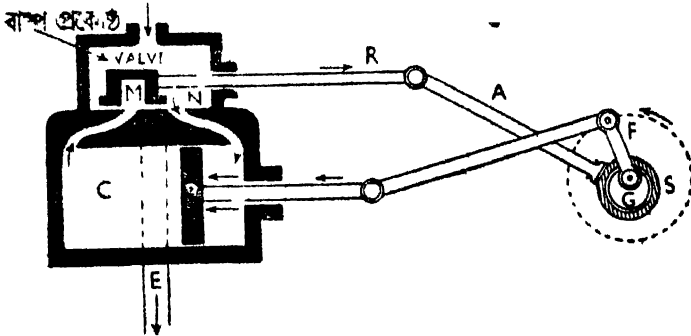
উঃ। যে ব্যবস্থার দ্বারা তাপশক্তিকে যান্ত্রিক শক্তিতে রূপান্তরিত করা যায় তাহাকে তাপ-চালিত এঞ্জিন বা সাধারণভাবে এঞ্জিন বলা হয়।

সাধারণতঃ এঞ্জিনে জল অথবা অন্য কোন জ্বালানী যেমন পেট্রল, ডিজেল, তেল প্রভৃতি দহন করিয়া বাষ্প তৈয়ারী করা হয় এবং এই বাষ্পশক্তিকে এঞ্জিন চালাইবার কাজে প্রয়োগ করা হয়। যে-এঞ্জিনে এই দহন কার্য মূল এঞ্জিনের বাহিরে অন্য কোন পাত্রে করা হয় তাহাকে বহির্দহন এঞ্জিন বলে। আর, যে-এঞ্জিনে এই দহন কার্য মূল এঞ্জিনের ভিতরেই নিষ্পন্ন হয় তাহাকে অন্তর্দহন এঞ্জিন বলা হয়।

স্টীম এঞ্জিন বহির্দহন এঞ্জিনের উদাহারণ। কারণ স্টীম এঞ্জিনে বয়লার নামক একটি পাত্রে জল হইতে স্টীম তৈয়ারী করা হয় এবং এই বয়লার মূল এঞ্জিনের বাহিরে থাকে।

স্টীম এঞ্জিন :

2নং চিত্রে স্টীম এঞ্জিনের নক্‌শা দেখানো হইয়াছে। বয়লার নামক পাত্রে (ছবিতে দেখানো হয় নাই) জলকে ফুটাইয়া উচ্চচাপসম্পন্ন স্টীম তৈয়ারী করা হয়। এই স্টীমের চাপ 400 হইতে 500 পাউণ্ডের সমান। ইহা S' নল দিয়া স্টীম-প্রকোষ্ঠে (steam chest) প্রবেশ করে। এই প্রকোষ্ঠ একটি আয়তাকার শক্ত বাক্স। স্টীম অতঃপর এঞ্জিনের সিলিণ্ডার (cylinder) C-এ প্রবেশ করিবে। ইহার দুইটি প্রবেশ পথ আছে। ইহাদের বলা হয় পোর্ট (port) বা দ্বার। M ও N ঐ দুইটি দ্বার। স্টীম

চিত্র নং 2

একই সঙ্গে দুইটি দ্বার দিয়া সিলিণ্ডারে প্রবেশ করিতে পারে না, পর্যায়ক্রমে প্রবেশ করে। সিলিণ্ডারে স্টীমের প্রবেশ নিয়ন্ত্রিত হয় গতিশীল ভাল্‌ভ্‌ (slide valve) দ্বারা। এই ভাল্‌ভের বন্দোবস্ত এমন যে ইহা N-দ্বার খোলা রাখিলে M-দ্বার রুদ্ধ হইবে। তখন স্টীম N-দ্বার দিয়া সিলিণ্ডারের ডান দিকে প্রবেশ করিবে। আবার M-দ্বার খোলা থাকিলে N-দ্বার বন্ধ হইয়া যাইবে। তখন স্টীম M-দ্বার দিয়া সিলিণ্ডারের বামদিকে প্রবেশ করিবে। এই সিলিণ্ডারের আকৃতি একটি চোঙের মত এবং ইহা স্টীম প্রকোষ্ঠের ঠিক নীচে শক্তভাবে বসানো। M ও N-দ্বার ছাড়া আর একটি

দ্বার আছে (ছবিতে কাটা লাইন দিয়া দেখানো হইয়াছে) যাহা M ও N-এর মধ্যস্থলে অবস্থিত কিন্তু সিলিণ্ডারের সহিত সংযুক্ত নয়। উহা সিলিণ্ডারের পশ্চাৎদিকে নির্গমন নল (exhaust pipe) E-এর সহিত যুক্ত। সিলিণ্ডারের অকেজো বাষ্প এই নির্গমন নল দিয়া বাহির হইয়া যাইতে পারে। সিলিণ্ডারের ভিতর একটি ইস্পাতের তৈয়ারী পিস্টন (piston) P বায়ু-নিরুদ্ধভাবে সিলিণ্ডারের গা বাহিয়া দক্ষিণে ও বামে চলাচল করিতে পারে।

পিস্টনের ক্রিয়া বুঝিতে গেলে মনে কর N-দ্বার খোলা রহিয়াছে। এই সময় পিস্টনও সিলিণ্ডারের দক্ষিণ প্রান্তে থাকিবে। ষ্টীম N-দ্বার দিয়া সিলিণ্ডারে প্রবেশ করিয়া পিস্টনকে বাঁ দিকে চাপ দিবে। ফলে ক্রমশঃ পিস্টনটি বাঁ দিকে যাইতে সুরু করিবে এবং সর্বশেষ বামপ্রান্তে উপস্থিত হইলে গতিশীল ভাল্‌ভ্‌ ডানদিকে সরিয়া গিয়া N-দ্বার বন্ধ করিয়া দিবে। এখন ষ্টীম M-দ্বার দিয়া প্রবেশ করিবে এবং পিস্টনকে ডানদিকে ঠেলিয়া দিবে। পিস্টন ডান দিকে যাইতে সুরু করিলে বামপাশে জমা দগ্ধাবশিষ্ট বাষ্প E-নল দিয়া বাহির হইয়া যাইবে। পিস্টন সর্বশেষ ডানপ্রান্তে পৌঁছাইলে গতিশীল ভাল্‌ভ্‌ বাঁ দিকে সরিয়া গিয়া N-দ্বার খুলিয়া দিবে এবং M-দ্বার রুদ্ধ করিবে। এইভাবে পর্যায়ক্রমে দুই দ্বার দিয়া ষ্টীম প্রবেশের ফলে পিস্টন ক্রমাগত দক্ষিণে ও বামে চলাচল করিবে।

কিন্তু প্রশ্ন হইতেছে যে রেলগাড়ীর চাকা ত ঘোরে অথচ পিস্টন ত সরলরেখায় চলাচল করে। তাহা হইলে চাকার আবর্তন কিরূপে সৃষ্টি হয়? ইহা বুঝিতে হইলে এঞ্জিনের অন্যান্য অংশ বুঝিতে হইবে।

পিস্টন দণ্ডটি আর একটি দণ্ড (F)—যাহাকে ক্র্যাঙ্ক (crank) বলা হয়—তাহার সহিত যুক্ত। এই ক্র্যাঙ্কের সহিত ক্র্যাঙ্ক-স্যাফ্‌ট্‌ (crank-shaft) G যুক্ত। এই ক্র্যাঙ্ক-স্যাফটের ঘূর্ণনের ফলে চাকার আবর্তন সৃষ্টি হয়। ভাল্‌ভ্‌ দণ্ড B অন্য একটি ক্র্যাঙ্ক A-র সাহায্যে একটি উৎকেন্দ্রিক রেকাবী (eccentric disc) S-এর সহিত যুক্ত। এই রেকাবীর কেন্দ্র ও ক্র্যাঙ্ক-স্যাফটের কেন্দ্র এক নয় বলিয়া ইহাকে উৎকেন্দ্রিক বলে। এই ব্যবস্থার ফলে পিস্টন বাম হইতে দক্ষিণে গেলে উৎকেন্দ্রিক ও ক্র্যাঙ্কের সাহায্যে ক্র্যাঙ্ক-

স্যাফট অর্ধেক ঘুরিয়া এবং দক্ষিণ হইতে বামে গেলে বাকী অর্ধেক ঘুরিয়া চাকার পূর্ণ আবর্তন সৃষ্টি করে।

সাধারণতঃ ক্রাঙ্ক-স্যাফট্ G-এর সহিত একটি ভারী চক্র যুক্ত থাকে (ছবিতে দেখানো হয় নাই)। ইহাকে ফ্লাই হুইল (Fly wheel) বা নিয়ামক চক্র বলে। ইহার কাজ হইল গতিজাড্যের দরুন ক্রাঙ্ক স্যাফটের আবর্তন বজায় রাখা। পিস্টন যখন সর্বশেষ বাম অথবা দক্ষিণ প্রান্তে উপস্থিত হয় তখন অল্প সময়ের জন্য পিস্টনের গতি রুদ্ধ হয়। ইহাদের 'ডেড্ পয়েন্টস্' (dead points) বলে। ঐ সময়ের গতি বজায় রাখিবার জন্য নিয়ামক চক্রের গতিজাড্য প্রযুক্ত হয়। ফলে এঞ্জিন সর্বদা চালু থাকে।

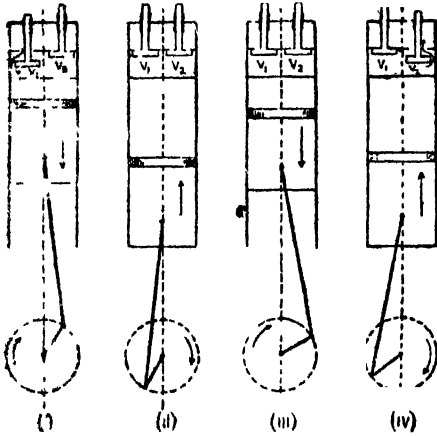
প্রশ্ন ৬। সুন্দর নক্শার সাহায্যে একটি অন্তর্দহন এঞ্জিনের বিবরণ ও কার্যপ্রণালী ব্যাখ্যা কর।

[Describe with a neat diagram the different parts and the principle of an internal combustion engine.]

[H. S. (Comp.), 1938]

উঃ। পেট্রল এঞ্জিন অন্তর্দহন এঞ্জিনের উদাহরণ। এই এঞ্জিনে পেট্রল, বেনজিন প্রভৃতি তরল পদার্থ জ্বালানী হিসাবে ব্যবহৃত হয়। এই সব তরলের বাষ্প বাতাসের সহিত মিশ্রিত হইয়া উগ্র বিস্ফোরক মিশ্রণের সৃষ্টি করে এবং ইহাদের দহনে যে প্রচণ্ড শক্তির উদ্ভব হয় তাহা এঞ্জিনকে চালু রাখে। এই দহন কার্য এঞ্জিনের অভ্যন্তরে সংঘটিত হয় বলিয়া ইহাকে অন্তর্দহন এঞ্জিন বলা হয়। কার্বুরেটার (Carburettor) নামক একটি পৃথক্ প্রকোষ্ঠে পেট্রল বাষ্প ও বায়ু মিশ্রিত করা হয় এবং এই বিস্ফোরক মিশ্রণ একটি দ্বার দিয়া এঞ্জিনের সিলিণ্ডারে প্রবেশ করে এবং কাজ শেষ হইবার পর অপর একটি দ্বার দিয়া নির্গত হইয়া যায়। এই দুইটি দ্বারকে যথাসময়ে খোলা বা বন্ধ করিবার জন্য ভাল্ভ্ (valve) বা কপাট ব্যবস্থা করা থাকে। ষ্টীম এঞ্জিনের মত এই এঞ্জিনেও সিলিণ্ডারের ভিতর একটি পিস্টন চলাচল করে এবং ইহা ক্রাঙ্কের সাহায্যে ক্রাঙ্ক-স্যাফটের সহিত যুক্ত। পিস্টনের রৈখিক গতি ক্রাঙ্ক-স্যাফটের আবর্ত গতিতে পরিণত হয়। একটি স্পার্ক

প্লাগের সাহায্যে বৈদ্যুতিক স্ফুলিঙ্গের সৃষ্টি করিয়া যথাসময়ে বিস্ফোরক মিশ্রণে অগ্নি-সংযোগ করা হয়। পেট্রল এঞ্জিনের কার্যপ্রণালী চারিটি পর্যায়ে ভাগ করা যাইতে পারে। 3নং চিত্রে এই পর্যায়গুলি পর পর দেখানো হইয়াছে।

চিত্র নং 3

(1) প্রথম পর্যায়কে গ্যাস গ্রহণ পর্যায় (charging stroke) বলা যাইতে পারে। এই পর্যায়ে পিস্টন নীচের দিকে নামিয়া সিলিণ্ডারের অভ্যন্তর খালি করিতে থাকে। তখন V_1 ভাল্‌ভ্‌ খুলিয়া গিয়া কার্বুরেটার হইতে বিস্ফোরক মিশ্রণ ঐ খোলা পথে সিলিণ্ডার দখল করে।

(2) দ্বিতীয় পর্যায়কে গ্যাস সংনমন পর্যায় (compression stroke) বলা হয়। এই সময় পিস্টন উপরের দিকে উঠিতে শুরু করে। ইহাতে সিলিণ্ডারের আয়তন সংকুচিত হইবার ফলে মিশ্রণের চাপ বৃদ্ধি পায়। এই সময় V_1 ভাল্‌ভ্‌ বন্ধ হইয়া যায়। এই পর্যায়ের শেষের দিকে অর্থাৎ পিস্টন যখন প্রায় সম্পূর্ণ উঠিয়া আসিয়াছে তখন স্পার্ক-প্লাগ হইতে স্ফুলিঙ্গের সৃষ্টি হইয়া বিস্ফোরণের সৃষ্টি করে এবং গ্যাস উচ্চ চাপে প্রসারিত হইয়া পিস্টনের উপর চাপ দেয়।

(3) তৃতীয় পর্যায়কে কার্যকর পর্যায় (working stroke) বলা হয়। পিস্টন এখন চাপ খাইয়া সবেগে নীচের দিকে নামিতে শুরু করে। এই পর্যায়ের প্রায় শেষের দিকে V_2 ভাল্‌ভ্‌ খুলিয়া যায় এবং অকেজো গ্যাসকে বাহির হইয়া যাইবার সুযোগ দেয়। এই তৃতীয় পর্যায়টি বিশেষ গুরুত্বপূর্ণ কারণ, এই সময়ে তাপশক্তি যান্ত্রিক শক্তিতে রূপান্তরিত হয়।

(4) চতুর্থ পর্যায়কে নিঃসরণ পর্যায় (exhaust stroke) বলা হয়। এই সময় পিস্টন আবার উপরের দিকে উঠিয়া আসে এবং সিলিণ্ডারে জমা অকেজো গ্যাসকে ঠেলিয়া V_2-ভাল্‌ভের খোলাপথে বাহির করিয়া দেয়। এইভাবে চারিটি পর্যায় পর পর সংঘটিত হইয়া এঞ্জিনের কাজ চালু রাখে।

প্রশ্ন হইতে পারে যে মাত্র তৃতীয় পর্যায়ে তাপশক্তি যান্ত্রিক শক্তিতে রূপান্তরিত হইয়া পিস্টনকে গতিযুক্ত করিলে অপর তিনটি পর্যায়ে পিস্টনের গতি কিরূপে হয় ? এখানেও ক্রাঙ্ক-স্যাফটের সহিত একটি ফ্লাই হুইল বা নিয়ামক চক্র যুক্ত থাকে। ইহার গতি-জাড্যই পিস্টনকে অপর তিনটি পর্যায়ে চালাইয়া লয়। পেট্রল এঞ্জিন আপনা হইতে চলিতে সুরু করিবার পূর্বে ইহাকে প্রথমে একটি হাতল ঘুরাইয়া অথবা একটি বৈদ্যুতিক মোটরের সাহায্যে কিছুক্ষণ চালাইয়া লইতে হয়। তারপর এঞ্জিনের বিভিন্ন পর্যায়গুলি যখন স্বয়ংচালিত হয় তখন এঞ্জিন আপনা হইতেই সক্রিয় হইয়া উঠে।

অঙ্ক

1. 80 lbs ভরসম্পন্ন একটি বস্তু 100 ft. উঁচু হইতে পড়িলে কত তাপ উৎপন্ন হইবে ? [J=778 ft. lbs/B. Th. U.]

[How much heat is produced when a mass of 80 lbs. falls from a height of 100 ft. ? J=778 ft. lbs/B. Th. U.]

উঃ। এস্থলে কৃত কার্য $W = m.\ g.\ h.$

$$= 80 \times 32 \times 100 \text{ ft. poundals} = 80 \times 100 \text{ ft. lbs}$$

আমরা জানি, $W = J.\ H.$

অথবা, $$H = \frac{W}{J} = \frac{80 \times 100}{778} = 10{\cdot}26 \text{ B. Th. U.}$$ (প্রায়)

2. একখণ্ড সীসাকে 100 metres উঁচু হইতে ফেলা হইল। ইহার সম্পূর্ণ শক্তি যদি তাপে পরিণত হয় এবং সীসাতে আবদ্ধ থাকে তবে ঐ সীসাখণ্ডের তাপমাত্রা কত বৃদ্ধি পাইবে ? [সীসার আপেক্ষিক তাপ='03]

[A piece of lead falls through 100 metres and strikes the ground. If all the energy is converted into heat and remains

in the piece, what will be the rise in temperature of the piece ? Sp. heat of lead='03]

উঃ। এস্থলে কৃত কার্য $W = m.g.h.$

$$= m. \times 981 \times 100 \times 100 = m. \times 981 \times 10^4 \text{ ergs.}$$

আমরা জানি, $H = \frac{W}{J} = \frac{m \times 981 \times 10^4}{4 \cdot 2 \times 10^7} = \frac{m \times 981}{4 \cdot 2 \times 10^3}$ calories.

এখন যদি মনে করা যায় যে সীসাখণ্ডের তাপমাত্রা বৃদ্ধি $t°C$ হইল, তবে

$$m \times {}'03 \times t = \frac{m \times 981}{4 \cdot 2 \times 10^3}$$

$$\therefore \quad t = \frac{981}{4 \cdot 2 \times 10^3 \times {}'03} = 7 \cdot 8°C \text{ (প্রায়)}$$

3. একটি লোহার বল 50 metres/sec. বেগে চলিতে চলিতে হঠাৎ বাধা পাইয়া থামিয়া গেল। বলটির সমস্ত শক্তি যদি তাপে পরিণত হয় তবে বলটির তাপমাত্রা কত হইবে ? থামিবার পূর্বে বলটির তাপমাত্রা 25°C ছিল। [লোহার আপেক্ষিক তাপ=0·1।]

[An iron ball travelling with a velocity of 50 metres per sec. is suddenly stopped. If the whole energy is converted into heat, what will be its final temperature, the initial temperature of the ball being 25°C ? Sp. heat of iron=0·1]

উঃ। এস্থলে বলের মোট গতিশক্তি $= \frac{1}{2}mv^2$

$$= \frac{1}{2}m \times (50 \times 100)^2 = m \times \frac{25}{2} \times 10^6 \text{ ergs.}$$

এখানে $H = \frac{W}{J} = \frac{m \times 25 \times 10^6}{2 \times 4 \cdot 2 \times 10^7} = \frac{m \times 25}{2 \times 42}$ calories.

সুতরাং 't' যদি বলটির চূড়ান্ত তাপমাত্রা হয়, তবে

$$m \times 0 \cdot 1 \times (t - 25) = \frac{m \times 25}{2 \times 42} \quad \therefore \quad t - 25 = \frac{250}{84} = 2 \cdot 9 \text{ (প্রায়)}$$

$$\therefore \quad t = 27 \cdot 9°C. \text{ (প্রায়)}$$

4. একটি জলপ্রপাত 250 metres উচু। যদি মনে করা যায় যে জল মাটিতে পড়িয়া যে তাপশক্তি উৎপন্ন করিল তাহার 75% জলে থাকিল তবে প্রপাতের শীর্ষ অপেক্ষা পাদদেশের তাপমাত্রা কত বেশী হইবে ?

[A waterfall is 250 metres high. If it is assumed that 75% of the heat generated when water falls to the ground remains in the water, find how much higher the temperature at the top will be in comparison to that at the bottom of the fall ?

উঃ। এস্থলে কৃত কার্য $W = m.\ g.\ h.$ [m=যে কোন মুহূর্তে পড়ন্ত জলের পরিমাণ]

$$= m \times 980 \times 250 \times 100$$

$$= m \times 245 \times 10^5 \text{ ergs.}$$

এখন $H = \frac{W}{J} = \frac{m \times 245 \times 10^5}{4.2 \times 10^7} = \frac{m \times 245}{42 \times 10}$ calories.

যেহেতু 75% তাপ জলে থাকিল, কাজেই সেই তাপের পরিমাণ

$$= \frac{m \times 245 \times 75}{42 \times 10 \times 100} \text{ cal.}$$

যদি t°C তাপমাত্রা প্রভেদ হয়, তবে

$$m \times t = \frac{m \times 245 \times 75}{42 \times 10 \times 100} \qquad \therefore \quad t = 0.438°C.$$

5. কত উঁচু হইতে একটি সীসার গোলককে ফেলিলে উহাতে যে তাপ উৎপন্ন হইবে তাহা গোলককে সম্পূর্ণ গলাইয়া দিবে ? গোলকের প্রারম্ভিক তাপমাত্রা 15°C ; সীসার আপেক্ষিক তাপ='03 ; সীসার গলনাঙ্ক=350°C এবং সীসা গলনের লীনতাপ=35 cal/gm.

[From what height must a lead sphere be dropped so that the heat generated due to impact with the ground may be just sufficient to melt the sphere ? Initial temperature of the sphere is 15°C. Sp. heat of lead='03 ; Melting point of lead=35°C. Latent heat of fusion of lead = 35 cal/gm.]

উঃ। সীসা গলনের জন্য প্রয়োজনীয় তাপ,

$$H = m \times .03 \times (350 - 15) + m \times 35$$

$$= 10.05m + 35 \times m$$

$$= 45.05m. \text{ cal.}$$

মনে কর গোলকটি h cm. উচ্চতা হইতে ফেলা হইল। এস্থলে,

কৃত কার্য $W = m.\ g.\ h.$

$$= m \times 980 \times h \text{ ergs.}$$

সুতরাং উৎপন্ন তাপ $H=\frac{W}{J}=\frac{m\times 980\times h}{4.2\times 10^7}$

$$\therefore \quad \frac{m\times 980\times h}{4.2\times 10^7}=45.05\times m.$$

$$\therefore \quad h=\frac{45.05\times 4.2\times 10^7}{980}=1930700 \text{ cm.}$$

$$=19307 \text{ metres.}$$

6. 0°C তাপমাত্রার 50 gms. বরফকে 100°C তাপমাত্রার জলে পরিণত করিতে যে-তাপ প্রয়োজন তাহা জোগাইবার জন্য কত কাজ করিতে হইবে ? বরফের লীন-তাপ = 80 cal/gm.

[How much work must be done to supply the heat necessary to convert 50 gm. of ice at 0°C into water at 100°C ? Latent heat of fusion of ice = 80 cal/gm.] [H. S. Exam., 1960]

উঃ। 50 gms. বরফকে গলাইবার জন্য প্রয়োজনীয় তাপ $=50\times 80$

$=4000$ cal.

ঐ জলকে 0°C হইতে 100°C-এ উত্তপ্ত করিবার জন্য প্রয়োজনীয় তাপ

$=50\times 100=5000$ cal.

$\therefore$ মোট প্রয়োজনীয় তাপ $=4000+5000=9000$ cal,

যদি নির্ণেয় কাজ W. Joules হয় তবে $W=J.\,H.$

$=4.2\times 9000=37800$ Joules.

7. 30 metres উঁচু হইতে একটি লোহার বল পড়িলে যে গতিশক্তি উৎপন্ন হয় তাহা বলটির তাপমাত্রা 0·7°C বর্ধিত করে। ইহা হইতে তাপের যান্ত্রিক সমতার কি মান পাওয়া যায় ? লোহার আঃ তাঃ = 0·1 ; $g=980$ cm./sec².

[An iron ball having fallen from rest through 30 metres contains kinetic energy sufficient to raise the temperature through 0·7°C. What value does this give for the mechanical equivalent of heat ?] [H. S. Exam., 1961]

উঃ। কৃত কার্য $=mgh=m\times 980\times 30\times 100$ ergs

উৎপন্ন তাপ $=ms\theta=m\times 0.1\times 0.7$ cal. [$\theta=$ তাপমাত্রা প্রভেদ]

$$\therefore \quad m \times 980 \times 30 \times 100 = J \times m \times 0{\cdot}1 \times 0{\cdot}7$$

$$\text{or,} \quad J = \frac{980 \times 30 \times 100}{0{\cdot}1 \times 0{\cdot}7} = 4{\cdot}2 \times 10^7 \text{ ergs/cal.}$$

8. পৃথিবীর বায়ুমণ্ডলের মধ্য দিয়া যাইবার ফলে 42 Kilogram ভরের একটি জ্যোতিষ্কের বেগ 15 km/sec. হইতে হ্রাস পাইয়া 5 km/sec. হইল। এই গতিবেগ পরিবর্তনের দরুন কত তাপ উৎপন্ন হইল তাহা ক্যালরিতে নির্ণয় কর। J = 4·2 joules/cal.

[In passing through the earth's atmosphere, the speed of a 42 kilogram meteor is reduced from 15 kilometres per sec. to 5 kilometres per sec. Calculate in calories the heat developed due to change in speed. J = 4·2 joules/cal.] [H S. Exam., 1964]

উঃ। জ্যোতিষ্কের প্রাথমিক গতিশক্তি $= \frac{1}{2} \times 42 \times 1000 \times (15 \times 1000{,}00)^2$

$$= 21 \times 15 \times 15 \times 10^{13} \text{ ergs}$$

$$= 21 \times 15 \times 15 \times 10^{6} \text{ joules}$$

চূড়ান্ত ,, $= \frac{1}{2} \times 42 \times 1000 \times (5 \times 1000{,}00)^2$

$$= 21 \times 5 \times 5 \times 10^{13} \text{ ergs.}$$

$$= 21 \times 5 \times 5 \times 10^{6} \text{ joules}$$

∴ গতিশক্তির পরিবর্তন $= 10^6 (21 \times 15 \times 15 - 21 \times 5 \times 5)$

$$= 10^6 \times 21 \times 5 \times 5 \times 8 \text{ joules.}$$

উৎপন্ন তাপ $= \dfrac{10^6 \times 21 \times 25 \times 8}{4{\cdot}2}$

$$= 25 \times 4 \times 10^7 \text{ cal} = 10^9 \text{ cal.}$$

অনুশীলনী

1. 10 Kgm. ভরবিশিষ্ট একটি বস্তুকে 1 kilometre উচ্চতা হইতে ফেলা হইল। যদি সমস্ত শক্তি তাপে রূপান্তরিত হয় তবে তাপের পরিমাণ নির্ণয় কর।

[A body of mass 10 Kgms is allowed to drop from a height of 1 Kilometer. If the whole energy is converted into heat, calculate the amount of heat developed.] [উঃ 23·3 × 10³ cal.]

2. J-র মান নির্ণয়ের একটি পরীক্ষায় A ও B প্রত্যেকের ভর 13 Kgm ; পতনের উচ্চতা 160 cm. ; পতনের সংখ্যা 20 ; জলের ওজন 6000 gms ; ক্যালরিমিটারের জলসম 300 gms. এবং তাপমাত্রা বৃদ্ধি 0·3°C ছিল। J-র মান কত ?

[In an experiment to determine the value of J, the following data were obtained :—

mass of each weight A and B = 13 Kgm.

height of fall = 160 cm.

no. of fall = 20

mass of water = 6000 gms.

water-equivalent of the calorimeter = 300 gms.

rise of temperature = 0·3°C.

Calculate the value of J.] [উ: $4·31 \times 10^7$ ergs/cal.]

3. একটি জলপ্রপাতের উচ্চতা 5000 cm. হইলে জল মাটিতে পড়িলে জলের তাপমাত্রা কত বৃদ্ধি পাইবে ?

[A water-fall is 5000 cm. high. What will be the rise in temperature of water when it falls to the ground ? [উ: 0·116°C]

4. 100 meters উঁচু একটি জলপ্রপাতের শীর্ষদেশ এবং তলদেশের মধ্যে তাপমাত্রার প্রভেদ কত হইবে যদি উৎপন্ন তাপের 90% জলে আবদ্ধ থাকে ? $J = 4·2 \times 10^7$ ergs/cal ; $g = 980$ cm/sec^2.

[Calculate the difference in temperature between the top and the bottom of a water-fall 100 metres high, assuming that 90% of the heat generated remains in the water. $J = 4·2 \times 10^7$ ergs/cal ; $g = 980$ cm/sec^2] [H. S. Exam., 1963] [উ: 0·21°C]

5. একখণ্ড সীসা (আপেক্ষিক তাপ 0·03) 80 ft. উচ্চতা হইতে মাটিতে পড়িল। যদি উৎপন্ন তাপের 50% সীসাতে আবদ্ধ থাকে তবে উহার তাপমাত্রা কত বৃদ্ধি পাইবে ?

[A piece of lead (Sp. heat = 0·03) is let fall from a height of 80 ft. If 50% of the heat generated remains in the lead, what will be the rise in temperature ?] [উ: 1·7°F]

6. একটি গতিশীল সীসার বুলেট লক্ষ্যে আঘাত করিবার ফলে যে তাপ উৎপন্ন হইল তাহা বুলেটের তাপমাত্রা 200°C বৃদ্ধি করিল। সীসার আপেক্ষিক তাপ 0·03 হইলে বুলেটের গতিবেগ নির্ণয় কর।

[The heat developed due to the impact of a moving lead bullet against a target raised the temperature of the bullet by 200°C. Calculate the speed of the bullet, the sp. heat of lead being ·03] [উ: 224·5 metres/sec.]

7. −10°C তাপমাত্রার 40 gms. বরফকে 100°C তাপমাত্রার স্টীমে পরিণত করিতে যে তাপের দরকার তাহা সৃষ্টি করিতে কতটা কাজ করিতে হইবে ? বরফের আপেক্ষিক তাপ = 0·5।

[How much work must be done to supply the heat necessary to convert 40 gms. of ice at −10°C to steam at 100°C ? Sp. heat of ice = 0·5] [উ: 121128×10^7 ergs.]

8. 1200 gms. ওজনের একখণ্ড ইস্পাত 960 Kms. ওজনের একটি হাতুড়ি দ্বারা 1·6 metres উচ্চতা হইতে পিটানো হইল। যে তাপ উৎপন্ন হইল তাহার 75% ইস্পাতখণ্ডে থাকিলে উহার তাপমাত্রা কত বৃদ্ধি পাইবে ? ইস্পাতের আপক্ষিক তাপ 0·12.

[A piece of steel, weighing 1200 gms. is hammered by a hammer of mass 960 Kgms. from a height of 1·6 metres. If 75% of the heat generated remains in the steel, what will be the rise in temperature of the piece ? Sp. heat of steel = 0·12]

[উ: 18·6°C (প্রায়)]

শব্দ-বিজ্ঞান

প্রথম পরিচ্ছেদ

তরঙ্গ-গতি ও শব্দের উৎপত্তি

প্রশ্ন ১। তরঙ্গ বলিতে কি বুঝায়? তির্যক ও অনুদৈর্ঘ্য তরঙ্গ কাহাকে বলে? প্রত্যেকের একটি করিয়া উদাহরণ দাও। তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের সংজ্ঞা লেখ এবং তরঙ্গ-দৈর্ঘ্যের সহিত তরঙ্গের গতিবেগের সম্পর্ক নির্ণয় কর।

[What do you understand by wave-motion? State what is meant by longitudinal and transverse wave-motion. Give an example of each type. Define wave-length and establish the relation between the wave-length and velocity of wave-motion.]

উঃ। তরঙ্গ : কোন জড় মাধ্যমের একটি কণিকাকে তাহার সাম্যাবস্থান হইতে যদি সামান্য বিচ্যুত করিয়া ছাড়িয়া দেওয়া হয় তবে ঐ কণিকা সাম্যাবস্থানকে মধ্যবিন্দু করিয়া পর্যায় গতিতে আন্দোলিত হইতে থাকে। প্রত্যেক জড় মাধ্যমেরই কিছু-না-কিছু স্থিতিস্থাপকতা গুণ থাকায় ঐরূপ আন্দোলনের সৃষ্টি হয়। জড় মাধ্যমের প্রত্যেকটি কণিকার সহিত অপর কণিকার সংসক্তি (cohesion) জনিত বন্ধন থাকে এবং ইহার দরুন যে-কোন কণিকার ব্যবহার এমন হয় যেন সে পার্শ্ববর্তী কণিকার সহিত একই স্থিতিস্থাপক সূত্র দ্বারা গ্রথিত। সুতরাং একটি কণিকা আন্দোলিত হইলে ঐ আন্দোলন পার্শ্ববর্তী কণিকাতেও পৌঁছাইবে এবং পার্শ্ববর্তী কণিকাও আন্দোলিত হইবে। এই আন্দোলন আবার পরবর্তী কণিকাতে পৌঁছাইবে। এইভাবে পর পর কণিকা হইতে কণিকাতে আন্দোলন হস্তান্তরিত হইয়া সমগ্র মাধ্যম আন্দোলিত হইতে থাকিবে। তখন আমরা বলি যে তরঙ্গের উদ্ভব হইয়াছে। সুতরাং তরঙ্গকে আমরা এমন এক প্রণালী বলিতে পারি যাহা দ্বারা কোন মাধ্যমের কণিকা হইতে কণিকাতে শক্তি স্থানান্তরিত হয়।

তির্যক তরঙ্গ : যখন কোন মাধ্যমের কণাগুলি একই ধরনের সরল দোলগতিতে (Simple harmonic motion) কম্পমান হয় এবং তাহার

ফলে যে তরঙ্গের উৎপত্তি হয় তাহা যদি কণাগুলির গতির সহিত সমকোণে অগ্রসর হয় তবে ঐ তরঙ্গকে তির্যক তরঙ্গ বলা হয়।

উদাহরণ: একটি জলাশয়ের স্থির জলের উপর একখণ্ড কর্ক রাখ। জলে একটি ঢিল ফেলিলে তরঙ্গের উদ্ভব হইবে এবং ঐ তরঙ্গ যখন কর্কের কাছে পৌছাইবে তখন কর্ক আন্দোলিত হইবে। লক্ষ্য করিলে দেখা যাইবে যে কর্কটি সবদা উপর নীচে আন্দোলিত হইতেছে—পাশে সরিতেছে না, কিন্তু তরঙ্গ কর্ক ছাড়াইয়া বিস্তৃত হইতেছে। এস্থলে জলকণাগুলির উপর-নীচ পর্যাবৃত্ত গতির ফলে জলের উপর তরঙ্গের সৃষ্টি হইতেছে এবং এই তরঙ্গ কণাগুলির গতির সহিত সমকোণ করিয়া অগ্রসর হইতেছে। সুতরাং জলের উপর এই তরঙ্গকে তির্যক তরঙ্গ বলা হইবে।

অনুদৈর্ঘ্য তরঙ্গ: যখন কোন মাধ্যমের কণাগুলি একই ধরনের সরল দোল গতিতে কম্পমান হয় এবং তাহার ফলে যে তরঙ্গের উৎপত্তি হয় তাহা যদি কণাগুলির গতির সহিত সমান্তরালে অগ্রসর হয় তবে ঐ তরঙ্গকে অনুদৈর্ঘ্য তরঙ্গ বলা হয়।

উদাহরণ: একটি লম্বা স্প্রিং খাড়াভাবে ঝুলাও। উহার নীচের প্রান্ত টানিয়া ছাড়িয়া দিলে স্প্রিংয়ের প্রত্যেক অংশ উঠানামা করিতে থাকিবে। লক্ষ্য করিলে দেখা যাইবে যে স্প্রিংয়ের প্রতি কণা উহার দৈর্ঘ্যের সমান্তরালে আন্দোলিত হইতেছে এবং স্প্রিংয়ের দৈর্ঘ্য বরাবর একটি তরঙ্গের উদ্ভব হইয়াছে। এই তরঙ্গকে অনুদৈর্ঘ্য তরঙ্গ বলা হইবে।

তরঙ্গ-দৈর্ঘ্য: তির্যক তরঙ্গে পরপর দুইটি সমদশাসম্পন্ন কণার দূরত্বকে এবং অনুদৈর্ঘ্য তরঙ্গে পরপর একটি ঘনীভবন (condensation) ও একটি তনুভবনের (rarefaction) মোট দূরত্বকে তরঙ্গ-দৈর্ঘ্য বলা হয়।

তরঙ্গ-দৈর্ঘ্য ও তরঙ্গ-বেগের সম্পর্ক:

যদি তরঙ্গ সৃষ্টিকারী কণার কম্পাঙ্ক (frequency) 'n' হয় তবে মাধ্যমের যে-কোন বিন্দু দিয়া সেকেণ্ডে 'n' তরঙ্গ প্রবাহিত হইবে। ঐ তরঙ্গগুলি যে দূরত্ব অধিকার করিবে তাহাই তরঙ্গ-বেগ। যদি তরঙ্গ-দৈর্ঘ্য λ ধরা যায় তবে ঐ দূরত্ব$=n\lambda$ অর্থাৎ তরঙ্গ-বেগ$=n\lambda$.

প্রশ্ন ২। প্রত্যেক ক্ষেত্রে একটি উপযুক্ত উদাহরণসহ তির্যক তরঙ্গ ও অনুদৈর্ঘ্য তরঙ্গ কাহাকে বলে বুঝাইয়া দাও।

তরঙ্গ সম্পর্কে তরঙ্গ-দৈর্ঘ্য, কম্পাঙ্ক ও পর্যায় কালের সংজ্ঞা লেখ।

[Explain what is meant by longitudinal and transverse wave-motions by taking a suitable example of each type.

Define wave-length, frequency and period in relation to wave-motion.] [H. S Exam., 1962, 1964]

উঃ। প্রথম অংশ : ১নং প্রশ্ন দেখ।

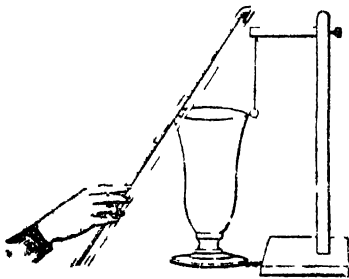
দ্বিতীয় অংশ : তরঙ্গ দৈর্ঘ্য - ১নং প্রশ্ন দেখ।

কম্পাঙ্ক : মাধ্যমের কোন একটি নির্দিষ্ট বিন্দু অতিক্রম করিয়া প্রতি সেকেণ্ডে যে কয়টি পূর্ণ তরঙ্গ যাইবে তাহাকে তরঙ্গের কম্পাঙ্ক বলে।

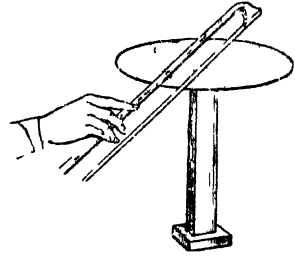
পর্যায় কাল : তরঙ্গগুলি কর্তৃক আন্দোলিত মাধ্যমের যে-কোন কণা একবার পূর্ণ আন্দোলনে যে-সময় লয় তাহাকে তরঙ্গের পর্যায় কাল বলে।

***প্রশ্ন ৩। শুধু কম্পনশীল বস্তু হইতে শব্দ নির্গত হয় তাহার পরীক্ষামূলক প্রমাণ দাও এবং ঐ বস্তু হইতে শব্দ কিরূপে কানে পৌঁছায় তাহা বুঝাইয়া দাও।**

[Give evidence that sound originates from vibrating bodies and describe how a sound transmitted from such a body reaches the ear.] [cf, H. S (Comp) 1960, 1965]

চিত্র নং 4

উঃ। শুধু কম্পনশীল বস্তু হইতেই শব্দ নির্গত হয় তাহা নিম্নের পরীক্ষাগুলি দ্বারা প্রমাণ করা যায় :

(ক) একটি পাতলা শোলার বলকে একটি ধাতবপাত্রের গাত্রসংলগ্ন করিয়া ঝুলাও (4নং চিত্র)। এখন পাত্রের কিনারাতে কোন শক্ত কিছু দ্বারা আঘাত করিলে বা বেহালার ছড় দিয়া টানিলে শব্দ নির্গত হইবে ; কিন্তু সঙ্গে সঙ্গে ইহাও দেখা যাইবে যে

শোলার বলটি পাত্রের কিনারা হইতে বার বার আঘাত পাইয়া লাফাইতেছে। এখন পাত্রটি হাত দিয়া চাপিয়া ধর। শব্দ বন্ধ হইবে এবং সঙ্গে সঙ্গে বলটির গতিও বন্ধ হইবে। ইহা প্রমাণ করে যে যতক্ষণ শব্দ নির্গত হইতেছিল ততক্ষণ পাত্রটি কাঁপিতেছিল।

(খ) স্তম্ভের উপর আটকানো একখানা গোল লোহার প্লেট লও এবং উহার উপর কিছু শুষ্ক বালি ছড়াইয়া দাও (5নং চিত্র)। এখন প্লেটের কিনারায় বেহালার ছড় দিয়া টানিলে শব্দ হইবে এবং দেখা যাইবে যে বালির কণাগুলি লাফাইতেছে। প্লেটটি হাত দিয়া চাপিয়া ধর। সঙ্গে সঙ্গে শব্দ বন্ধ হইবে এবং বালুকণাগুলির নৃত্যও বন্ধ হইবে। ইহা নিঃসন্দেহে প্রমাণ করে যে শুধু কম্পনশীল বস্তুই শব্দ সৃষ্টি করে।

চিত্র নং ৫

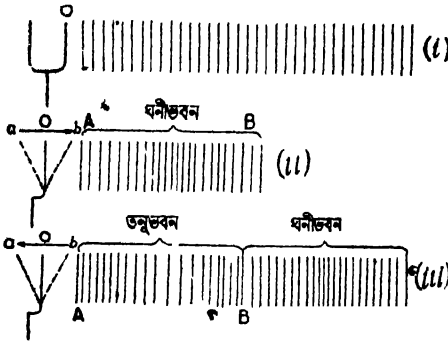
শব্দের বিস্তার কৌশল :

কম্পনশীল বস্তু হইতে শব্দ বায়ুমাধ্যমের ভিতর অনুদৈর্ঘ্য তরঙ্গের সৃষ্টি করিয়া কানে পৌঁছায় এবং শব্দের অনুভূতি সৃষ্টি করে। নিম্নে এই প্রণালীর ব্যাখ্যা করা হইল।

মনে কর, সুরশলাকার (tuning fork) একটি বাহু O কম্পিত হইয়া শব্দ সৃষ্টি করিতেছে। সুরশলাকার এই কম্পন পর্যায়গতিতে হইয়া থাকে এবং O হইতে b, b হইতে a এবং পুনরায় O পর্যন্ত আসিলে একটি পূর্ণ আন্দোলন সম্পন্ন হইবে। ইহার জন্য যে সময়ের প্রয়োজন তাহাকে সুরশলাকার পর্যায় কাল বলা হয়।

মনে কর, সুরশলাকার সম্মুখের বায়ুমণ্ডল সমান পুরু কতগুলি স্তরে ভাগ করা আছে [চিত্র 6 (i)]। যখন O বাহু b অভিমুখে অগ্রসর হয় তখন সম্মুখের বায়ুস্তর চাপ পায়। তখন ইহার আয়তনের সংকোচন হয় এবং চাপ বৃদ্ধি পায়। স্থিতিস্থাপকতার দরুন এই স্তর আয়তনে প্রসারিত হইতে চায় এবং O বাহুর দিকে প্রসারিত হইতে না পারিয়া পাশের বায়ুস্তরকে

চাপ দেয় দ্বিতীয় স্তর একইভাবে তৃতীয় স্তরকে চাপ দেয়। এইভাবে চাপ স্তর হইতে স্তরে একটি নির্দিষ্ট বেগে স্থানান্তরিত হয়। যে সময় O বাহু O হইতে b এবং পুনরায় O বিন্দুতে ফিরিয়া যায় সেই পর্যন্ত এই ধরনের চাপ বায়ুস্তরে চালিত হয়। ধর, এই সময়ে AB বায়ুস্তরগুলি এই ধরনের চাপ পাইয়া সংকুচিত হইল।

চিত্র নং 6

AB বায়ুস্তরের এই সংকোচনকে ঘনীভবন বলে [চিত্র 6 (ii)]। ইহা বায়ুমাধ্যমে এক নির্দিষ্ট বেগে প্রবাহিত হয়।

এখন স্বরশলাকার বাহু O হইতে a অভিমুখে গমন করিলে উহার পশ্চাতে আংশিক শূন্যতার সৃষ্টি হয়। ফলে প্রথম বায়ুস্তরের চাপ অনেক হালকা হইয়া যায় এবং O-বাহুর দিকে আয়তনে প্রসারিত হয়। দ্বিতীয় স্তরও অনুরূপ কারণে আয়তনে প্রসারিত হয় এবং প্রথম স্তরের দিকে চলিয়া যায়। এইভাবে স্তর হইতে স্তরে প্রসারণ সঞ্চালিত হয় অর্থাৎ AB স্তরগুলি ফাঁক ফাঁক হইয়া পড়ে। ইহাকে তনুভবন বলে [চিত্র 6 (iii)]। ইহাও বায়ুমাধ্যমে একই নির্দিষ্ট বেগে প্রবাহিত হয়। ইতিমধ্যে পূর্বোক্ত ঘনীভবন সম্মুখের দিকে ছড়াইয়া পড়ে এবং BC বায়ুস্তর অধিকার করে।

যেহেতু স্বরশলাকার পর্যায় কালের এক অর্ধেকে ঘনীভবন এবং বাকী অর্ধেকে তনুভবন সৃষ্ট হয় কাজেই উহাদের দৈর্ঘ্য সমান—অর্থাৎ AB=BC. সুতরাং পূর্ণ পর্যায়কালে একটি তনুভবন ও একটি ঘনীভবন সৃষ্টি হইয়া একটি অনুদৈর্ঘ্য তরঙ্গের উৎপত্তি হয়। স্বরশলাকা যতক্ষণ আন্দোলিত হইতে থাকে ততক্ষণ এই ধরনের ঘনীভবন ও তনুভবনযুক্ত অনুদৈর্ঘ্য তরঙ্গ বায়ুমাধ্যমে ছড়াইয়া পড়ে এবং একটি নির্দিষ্ট বেগে একস্থান হইতে অন্যস্থানে প্রবাহিত,

হয়। যখন এই তরঙ্গমালা কানে পৌঁছায় তখন ইহা কর্ণপটহে (ear-drum) আন্দোলনের সৃষ্টি করে এবং তখন শব্দের অনুভূতি উৎপন্ন হয়।

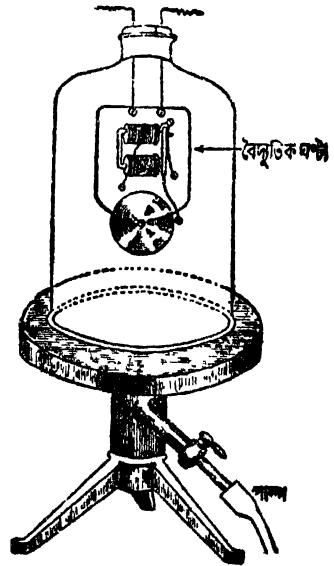
****প্রশ্ন 8। শব্দ শূন্যস্থান দিয়া যাইতে পারে না—ইহার স্বপক্ষে একটি পরীক্ষা বর্ণনা কর। চাঁদে কোন বিরাট বিস্ফোরণ হইলে তাহার শব্দ কি কখনও পৃথিবীতে শোনা যাইবে?**

[Describe an experiment showing that sound cannot pass through empty space. Can the sound of a violent explosion on the moon be ever audible on the earth?]

[*cf.* **H. S. Exam., 1961, 66 (Comp.), 67 (Comp.)**]

উঃ। নিম্নলিখিত সহজ পরীক্ষা দ্বারা প্রমাণ করা যায় যে শব্দ শূন্যস্থান দিয়া চলাচল করিতে পারে না!

একটি বেল-জারের মুখ কর্ক দিয়া আটকাইয়া বায়ু-নিষ্কাশন পাম্পের রেকাবীর (disc) উপর বসানো হইল। কর্কের ছিদ্র দিয়া দুইটি সরু তার পাঠাইয়া একটি বৈদ্যুতিক ঘণ্টাকে বেল-জারের ভিতর ঝুলানো হইল (7নং চিত্র)। একটি চাবির সাহায্যে বৈদ্যুতিক ঘণ্টাটিকে বাহির হইতে বাজাইবার ব্যবস্থা আছে। প্রথমে বেল-জার বায়ুপূর্ণ করিয়া ঘণ্টা বাজাইলে ঘণ্টার শব্দ বেশ ভাল শোনা যাইবে। কিন্তু পাম্পের সাহায্যে বেল-জারের ভিতর হইতে বায়ু ক্রমশঃ নিষ্কাশিত করিলে দেখা যাইবে যে ঘণ্টার শব্দ আস্তে আস্তে ক্ষীণ হইতেছে এবং বেল-জার যখন প্রায় সম্পূর্ণ নিষ্কাশিত হইবে তখন শব্দ আর প্রায় শোনা যাইবে না।

চিত্র নং 7

এখন বেল-জারের মধ্যে আস্তে আস্তে বায়ু প্রবেশ করাইলে আবার ঘণ্টার শব্দ ক্রমশঃ জোর হইবে এবং বেল-জার সম্পূর্ণ বায়ুপূর্ণ হইলে ঘণ্টার শব্দ ঠিক আগের মত জোরালো শোনা যাইবে। এস্থলে বৈদ্যুতিক ঘণ্টার চতুষ্পার্শ্বস্থ বায়ুই মাধ্যমের কাজ করিল এবং শব্দ বায়ুমাধ্যমের মধ্য দিয়া চলাচল করিল।

এস্থলে উল্লেখযোগ্য যে শব্দ শুধু বায়ুমাধ্যমে চলাচল করিতে পারে এমন নহে; যে-কোন কঠিন, তরল অথবা বায়বীয় মাধ্যমের ভিতর দিয়াও চলাচল করিতে পারে।

যেহেতু শব্দ মাধ্যমবিহীন শূন্যস্থান দিয়া চলাচল করিতে পারে না কাজেই চাঁদে কোন প্রচণ্ড বিস্ফোরণ হইলেও তাহার শব্দ কোন.দিন পৃথিবীতে পৌঁছাইবে না; কারণ, চাঁদ ও পৃথিবীর ভিতরকার দূরত্বের বেশীর ভাগ অংশ শূন্য।

প্রশ্ন ৫। (i) শব্দ কিরূপে উৎপন্ন হয় এবং (ii) শব্দ বিস্তারের জন্য একটি মাধ্যম প্রয়োজন ইহা বুঝাইবার জন্য যথোপযুক্ত পরীক্ষা বর্ণনা কর।

[Describe experiments to illustrate (i) how sound is produced and (ii) that a medium is necessary for the transmission of sound.] [H. S. Exam, 1960]

উঃ। প্রথমাংশের জন্য ২নং প্রশ্ন এবং দ্বিতীয়াংশের জন্য ৩নং প্রশ্ন দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ৬। শব্দ যে তরঙ্গের আকারে বিস্তৃতি লাভ করে তাহার স্বপক্ষে যুক্তি কি? আলোক-তরঙ্গের সহিত শব্দ-তরঙ্গের তফাত কোথায়?

[What reasons are there for believing that sound is conveyed by wave-motion? How do sound-waves differ from light-waves?]

উঃ। নিম্নলিখিত কারণগুলির জন্য বলা যায় যে কোন মাধ্যমের ভিতর দিয়া যখন শব্দ বিস্তার লাভ করে তখন তাহা তরঙ্গের আকারে করে :—

(1) শব্দের বিস্তৃতির জন্য মাধ্যমের প্রয়োজন। কিন্তু মাধ্যম নিজে অগ্রসর হয় না; মাধ্যমের ভিতর দিয়া শব্দ অগ্রসর হয়।

(2) বায়বীয় মাধ্যমে শব্দ একটি নির্দিষ্ট বেগে চলে। কঠিন বা তরল মাধ্যমে শব্দের বেগ আরো বেশী। ইহা একমাত্র সম্ভব যদি শব্দ তরঙ্গের ন্যায় বিস্তার লাভ করে।

(3) তরঙ্গের ন্যায় শব্দ নির্দিষ্ট নিয়মানুযায়ী প্রতিফলিত ও প্রতিসৃত হয়।

(4) যে-কোন তরঙ্গের ন্যায় শব্দেরও ব্যতিচার (interference) দেখা যায়—অর্থাৎ দুইটি শব্দ সুবিধাজনক অবস্থায় পরস্পরের সহিত ক্রিয়া করিয়া জোর শব্দ অথবা নিঃশব্দ সৃষ্টি করিতে পারে।

(5) তরঙ্গের সৃষ্টির জন্য যেমন উৎসের কম্পন দায়ী, শব্দের উৎপত্তির জন্যও শব্দ-উৎসের কম্পন দায়ী।

শব্দ-তরঙ্গ ও আলোক-তরঙ্গের তফাত :

শব্দ ও আলোক উভয়েই মাধ্যমের ভিতর দিয়া তরঙ্গের আকারে প্রসারিত হয়। উভয়ের মধ্যে নিম্নলিখিত বৈষম্য দেখা যায় :—

(1) কোন জড় মাধ্যম না থাকিলেও আলোক-তরঙ্গের উৎপত্তি হইতে পারে। 'ইথার' নামক একপ্রকার অদৃশ্য মাধ্যমে আলোক-তরঙ্গের সৃষ্টি হয়। কিন্তু শব্দ-তরঙ্গের উৎপত্তির জন্য জড় মাধ্যমের প্রয়োজন।

(2) আলোক-তরঙ্গ সর্বদা তির্যক (transverse)। কিন্তু শব্দ-তরঙ্গ তির্যক ও অনুদৈর্ঘ্য (longitudinal) দুই রকমেরই হইতে পারে।

(3) আলোকের তরঙ্গ-দৈর্ঘ্য অতি ক্ষুদ্র কিন্তু শব্দের তরঙ্গ-দৈর্ঘ্য অপেক্ষাকৃত অনেক বড়।

(4) আলোক তরঙ্গের বেগ শব্দ তরঙ্গ অপেক্ষা অনেক বেশী।

অঙ্ক

1. যদি একগুচ্ছ তরঙ্গ 1400 metres/sec গতিবেগ লইয়া চলে এবং উহাদের দৈর্ঘ্য 35 cm. হয়, তবে উহাদের কম্পাঙ্ক কত?

[If a group of waves has wave-length 35 cm. and velocity 1400 metres/sec. what will be their frequency ?]

উঃ। আমরা জানি, $V = n\lambda$

এস্থলে $V = 1400 \times 100$ cm/sec ; $\lambda = 35$ cm ; কাজেই

$$1400 \times 100 = 35 . n \quad \therefore \quad n = \frac{1400 \times 100}{35} = 4000$$

2. শব্দের গতিবেগ 1120 ft/sec. হইলে 264 কম্পাঙ্কবিশিষ্ট একটি সুরশলাকা হইতে নির্গত শব্দ 154 ft. যাইবার ভিতর সুরশলাকার কয়বার কম্পন হইবে ?

[How many vibrations will a tuning fork of frequency 264 perform in the time in which sound produced by it travels a distance of 154 ft. the velocity of sound being 1120 ft/sec. ?]

উঃ। আমরা জানি $V = n\lambda$

এক্ষেত্রে $V = 1120$ ft/sec , $n = 264$; কাজেই $1120 = 264\ \lambda$.

$$\therefore \quad \lambda = \frac{1120}{264} \text{ ft.}$$

অর্থাৎ একবার কম্পনে শব্দ $\frac{1120}{264}$ ft. যায়। যদি x বার কম্পন হয়, তবে

$$x \times \lambda = 154$$

অথবা $x \times \frac{1120}{264} = 154 \quad \therefore \quad x = \frac{154 \times 264}{1120} = 36\dot{3}$

কম্পন সংখ্যা ভগ্নাংশ হওয়া নিরর্থক বলিয়া নির্দিষ্ট কম্পন সংখ্যা $= 36$.

3. একটি নির্দিষ্ট কম্পাঙ্কের উৎস কোন মাধ্যমে A-তে 10 cm. দীর্ঘ তরঙ্গ উৎপন্ন করে এবং অন্য একটি মাধ্যমে B-তে 15 cm. দীর্ঘ তরঙ্গ উৎপন্ন করে। A-মাধ্যমে তরঙ্গ-বেগ 90 cm/sec হইলে B-মাধ্যমে তরঙ্গ-বেগ কত ?

[A source of fixed frequency produces waves of length 10 cm. in a medium A and waves of length 15 cm. in another medium B. If the velocity of the waves in A be 90 cm./sec. find that in B.]

উঃ। আমরা জানি $V = n\lambda$; এখন, A-মাধ্যমে $V_A = n\lambda_A$

অথবা, $90 = n \times 10$

তেমনি B-মাধ্যমে, $V_B = n\lambda_B$ অথবা, $V_B = n \times 15$

$$\therefore \quad \frac{V_B}{90} = \frac{15}{10} \quad \therefore \quad V_B = 135 \text{ cm/sec.}$$

4. একটি নির্দিষ্ট কম্পাঙ্কযুক্ত বস্তু কম্পিত অবস্থায় A-মাধ্যমে 10 cm. দীর্ঘ এবং B-মাধ্যমে 15 cm. দীর্ঘ তরঙ্গ প্রেরণ করে। ঐ দুই মাধ্যমের তরঙ্গ গতিবেগ তুলনা কর।

[A body vibrating with a constant frequency sends waves 10 cm. long through a medium A and 15 cm. long through another medium B. Compare the wave-velocities in A and B.]

[H. S. Exam., 1962]

উঃ। আমরা জানি, $V = n\lambda$

A-মাধ্যমের বেলায় $V_A = n \times 10$

B-মাধ্যমের ,, $V_B = n \times 15$

$$\frac{V_A}{V_B} = \frac{10}{15} = \frac{2}{3}.$$

অনুশীলনী

1. একটি স্বরশলাকা $2\frac{1}{2}$ ft. দীর্ঘ তরঙ্গ সৃষ্টি করিতে পারে। তরঙ্গের বেগ 1100 ft/sec হইলে স্বরশলাকার কম্পাঙ্ক কত?

[A tuning fork produces waves $2\frac{1}{2}$ ft. long. If the velocity of waves is 1100 ft/sec., find the frequency of the fork.]

[উঃ 440]

2. একটি স্বরশলাকা সেকেণ্ডে 254 বার কম্পিত হয়। উহা হইতে যে-শব্দ নির্গত হয় তাহার বেগ 1,143 ft/sec. ঐ তরঙ্গের দৈর্ঘ্য কত?

[A tuning fork vibrates 254 times a second, The sound wave it emits travels with a speed of 1,143 ft/sec. What is the wave-length ? [H. S. Exam., 1964] [উঃ 4·5 cm.]

3. একটি স্বরশলাকার কম্পাঙ্ক 560. স্বরশলাকার 100 কম্পন শেষ হইলে ঐ শব্দ কত দূর যাইবে? শব্দের গতিবেগ 1120 ft/sec.

[The frequency of a tuning fork is 560. When it has completed 100 vibrations, how far the sound will travel, the velocity of sound being 1120 ft./sec. ? [উঃ 200 ft.]

4. দুইটি স্বরশলাকার কম্পাঙ্ক 128 এবং 384. বায়ুতে উহারা যে শব্দ উৎপন্ন করিবে তাহাদের তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের তুলনা কর।

[Two tuning forks have frequencies 128 and 384. Compare the wave-lengths of the sound produced by them.] [উঃ 3 : 1]

5. একটি সুরশলাকার কম্পাঙ্ক 256. সুরশলাকার 16 বার কম্পন শেষ হইলে শব্দ 20 metres পথ অতিক্রম করিল। শব্দের তরঙ্গ দৈর্ঘ্য ও গতিবেগ নির্ণয় কর।

[A tuning fork has frequency 256. When it has completed 16 vibrations, the sound has travelled a distance of 20 metres. Find the wave-length and velocity of the sound wave]

[উ: 125 cm. ; 220 m/sec.]

6. বায়ুতে শব্দের বেগ 320 metres/sec. একটি উৎসের কম্পাঙ্ক 400. উৎসের 30 বার কম্পন শেষ হইলে ঐ শব্দ কত দূরে যাইবে ?

[The velocity of sound wave is 320 metres/sec. in air. A source has frequency 400. When the source has completed 30 vibrations, how far the sound will travel ?] [উ: 24 metres]

7. জলের ভিতর 580 cm. দীর্ঘ তরঙ্গ সৃষ্টি হইল। জলের তরঙ্গের বেগ 1450 metres/sec. হইলে তরঙ্গের কম্পাঙ্ক কত ?

[A wave of length 580 cm. is produced in water. If the velocity of wave in water be 1450 metres/sec. find the frequency of the wave ?] [উ: 250]

8. যখন একটি সুরশলাকার শব্দ বায়ু মাধ্যমে বিস্তার লাভ করিতেছে তখন দুইটি পরপর ঘনীভবনের ভিতরকার দূরত্ব $1\frac{1}{3}$ metre দেখা গেল। বায়ুতে শব্দের বেগ 320 metres/sec. হইলে সুরশলাকার কম্পাঙ্ক কত ?

[If the distance between a pair of adjacent condensations in air be $1\frac{1}{3}$ metres when the sound of a tuning fork is propagated through it and the velocity of sound in air be 320 metres/sec, what is the frequency of the tuning fork ?]

[H. S. Exam, (Comp.) 1960] [উ: 240]

[সংকেত : পরপর দুইটি ঘনীভবনের দূরত্ব = তরঙ্গ দৈর্ঘ্য (λ) = $1\frac{1}{3}$ metres]

9. একটি সুরশলাকার কম্পাঙ্ক 200 cycles/sec, উহা যে-শব্দ সৃষ্টি করে তাহার গতিবেগ 1100 ft/sec ; শব্দতরঙ্গের পর্যায় কাল এবং তরঙ্গ-দৈর্ঘ্য নির্ণয় কর।

[The frequency of a fork is 200 cycles/sec. The speed of sound it emits is 1100 ft/sec. Find the period and the wave-length.] [H. S. Exam, 1966] [উ: ·005 sec ; 5·5 ft.]

দ্বিতীয় পরিচ্ছেদ

শব্দের বেগ ও প্রতিফলন

***প্রশ্ন ১। মুক্ত-বায়ুতে শব্দের বেগ কিরূপে নির্ণয় করিবে? ঐ সময়ে বায়ুপ্রবাহ থাকিলে কোন ক্ষতি আছে কি? বায়ুপ্রবাহের প্রভাব দূর করিয়া নির্ভুল ফল কিরূপে পাওয়া যায়?**

[How will you determine the velocity of sound in open air?
[H. S. (Comp.), 1965]

Will the result be the same when strong wind is blowing? How will you eliminate the effect due to wind?]
[*cf*. H. S. Exam., 1961]

উঃ। মুক্ত-বায়ুতে শব্দের বেগ নির্ণয়ঃ

মুক্ত-বায়ুতে শব্দের বেগ নির্ণয় করিবার জন্য কয়েক মাইল দূরত্বে অবস্থিত দুইজন পর্যবেক্ষকের প্রয়োজন হইবে। একজনের কাছে একটি বন্দুক এবং অপরজনের কাছে একটি stop-watch থাকিবে। এই stop-watchটি $\frac{1}{5}$ অথবা $\frac{1}{10}$th. সেকেণ্ড পর্যন্ত সময় সূক্ষ্মভাবে মাপিতে সমর্থ হওয়া চাই। এখন, প্রথম ব্যক্তি বন্দুক হইতে গুলি ছুঁড়িবে; দ্বিতীয় ব্যক্তি বন্দুকের আগুনের ঝলক দেখিবার সঙ্গে সঙ্গে ঘড়ি চালাইবে এবং যখন কানে বন্দুকের শব্দ পৌঁছাইবে তখন ঘড়ি বন্ধ করিবে। অর্থাৎ প্রথম হইতে দ্বিতীয় ব্যক্তি পর্যন্ত দূরত্ব অতিক্রম করিতে শব্দের যে সময় লাগিল তাহা stop-watch হইতে জানা গেল। এই সময় যদি t sec. হয় এবং দূরত্ব যদি S ft. হয় তবে শব্দের বেগ $V = \frac{S}{t}$ ft/sec.

শব্দের বেগ নির্ণয়ের সময় যদি বায়ুপ্রবাহ থাকে তবে নির্ণীত ফল ত্রুটিপূর্ণ হইবে। কারণ, বায়ুপ্রবাহ শব্দের গতির অভিমুখে হইলে শব্দ দ্রুত যাইবে এবং বিপরীত দিকে হইলে শব্দ ধীরে যাইবে। নিম্নলিখিত উপায়ে বায়ুপ্রবাহের প্রভাব দূর করা যাইতে পারে।

দুই পর্যবেক্ষকের কাছেই বন্দুক এবং ঘড়ি থাকিবে। প্রথম ব্যক্তি বন্দুক ছুঁড়িলে দ্বিতীয় ব্যক্তি আগুনের ঝলক এবং শব্দ পৌঁছাইবার অবকাশ

(interval) t_1 ঘড়ি হইতে দেখিয়া রাখিবে এবং পরে দ্বিতীয় ব্যক্তি বন্দুক ছুঁড়িলে অনুরূপভাবে প্রথম ব্যক্তি t_2 অবকাশ দেখিয়া রাখিবে।

ধরা যাউক, বায়ুপ্রবাহ প্রথম পর্যবেক্ষক হইতে দ্বিতীয় পর্যবেক্ষকের দিকে v ft/sec. বেগে বহিতেছে। শব্দের প্রকৃত বেগ V ধরিলে, প্রথম ক্ষেত্রে $V+v=\frac{S}{t_1}$ এবং দ্বিতীয় ক্ষেত্রে $V-v=\frac{S}{t_2}$

$$\therefore \quad V=\frac{1}{2}\left(\frac{S}{t_1}+\frac{S}{t_2}\right)=\frac{S}{2}\left(\frac{1}{t_1}+\frac{1}{t_2}\right) \text{ ft/sec}$$

S, t_1 এবং t_2 জানা থাকায় বায়ু-প্রবাহ থাকা সত্ত্বেও শব্দের প্রকৃত বেগ V নির্ণয় করা যাইবে।

****প্রশ্ন ২। বায়বীয় মাধ্যমে শব্দের গতিবেগ সংক্রান্ত নিউটনের সূত্র লেখ। ঐ সূত্রের ত্রুটি কি ? উহা কিরূপে পরিহার করা হইল ? বায়ু-মাধ্যমে শব্দের বেগের উপর বায়ুর চাপ, তাপমাত্রা ও আর্দ্রতার প্রভাব সাধারণভাবে উল্লেখ কর।**

[State Newton's formula for the velocity of sound in a gas. What is the defect of the formula ? How was the defect removed ? Describe, in general terms, the effects of pressure, temperature and humidity of gas on the velocity of sound.]

উঃ। নিউটনের সূত্র :

যখন কোন বায়বীয় মাধ্যমে শব্দ প্রবাহিত হয় তখন তাহার বেগ নিম্নলিখিত সূত্র দ্বারা নির্ণীত হয়,

$$V=\sqrt{\frac{E}{D}}$$

V = শব্দের গতিবেগ

E = মাধ্যমের স্থিতিস্থাপক গুণাঙ্ক

D = মাধ্যমের ঘনত্ব।

ইহাই নিউটনের সূত্র।

যেহেতু বায়বীয় মাধ্যমের শুধু আয়তন-স্থিতিস্থাপকতা (volume elasticity) আছে কাজেই উপরোক্ত সমীকরণে E হইবে আয়তন-বিকৃতি গুণাঙ্ক (Bulk modulus)। প্রমাণ করা যাইতে পারে যে তাপমাত্রার পরিবর্তন না হইলে (isothermal condition) বায়বীয় পদার্থের আয়তন-বিকৃতি গুণাঙ্ক উহার চাপের সমান। সুতরাং বায়বীয় পদার্থের বেলাতে উপরোক্ত সমীকরণ নিম্নোক্ত উপায়ে লেখা যাইতে পারে :—

$$V=\sqrt{\frac{P}{D}}, \ P=\text{গ্যাসের চাপ।}$$

সূত্রের ত্রুটি : নিউটনের এই সূত্র ত্রুটিযুক্ত। স্বাভাবিক তাপমাত্রা ও বায়ুচাপে শব্দের বেগ নির্ণয়ের পরীক্ষা হইতে যে ফল পাওয়া যায় ও উপরোক্ত সমীকরণ হইতে যে ফল পাওয়া যায় তাহা এক নহে। পরীক্ষালব্ধ ফল হইতেছে প্রায় 332 metres/sec., কিন্তু উপরোক্ত সমীকরণ হইতে যে ফল পাওয়া যায় তাহা প্রায় 280 metres/sec. ইহা হইতে বোঝা যায় যে নিউটনের সূত্রে কিছু গলদ আছে।

ত্রুটি পরিহার : নিউটনের উপরোক্ত সূত্রের ত্রুটি পরিহার করিতে সমর্থ হইলেন বিজ্ঞানী ল্যাপলাস্। তিনি বলেন, বায়বীয় মাধ্যমে শব্দ প্রবাহিত হইলে মাধ্যমের তাপমাত্রার পরিবর্তন হইতে বাধ্য। তাপমাত্রা অপরিবর্তিত থাকে—নিউটনের এই সিদ্ধান্ত ঠিক নহে। তাপমাত্রার পরিবর্তনের কথা চিন্তা করিয়া ল্যাপলাস্ প্রমাণ করিলেন যে শব্দের বেগ-সূত্র নিম্নোক্তরূপ হওয়া উচিত :

$$V=\sqrt{\frac{\gamma P}{D}}$$

γ = ধ্রুবক , বায়ুর বেলাতে ইহা 1·41.

এই সমীকরণ হইতে স্বাভাবিক তাপমাত্রা ও বায়ুচাপে বেগের যে ফল পাওয়া যায় (332·5 metres/sec) তাহা পরীক্ষালব্ধ ফলের সহিত প্রায় এক।

চাপ, তাপমাত্রা ও আর্দ্রতার প্রভাব :

(1) গ্যাসের চাপ পরিবর্তিত হইলে শব্দের বেগের কোন পরিবর্তন হয় না। অর্থাৎ শব্দের বেগের উপর বায়ু-চাপ পরিবর্তনের কোন প্রভাব নাই।

(2) প্রমাণ করা যায় যে গ্যাসের তাপমাত্রা বৃদ্ধির সঙ্গে উক্ত গ্যাসে শব্দের বেগও বর্ধিত হয়; আবার তাপমাত্রা কমিলে বেগও কমিয়া যায়। তাপমাত্রা ও বেগের সম্পর্কযুক্ত সমীকরণ নিম্নোক্তরূপ $V_t = V_0(1 + \frac{1}{2}\alpha t)$

$V_t = t°C$ তাপমাত্রায় শব্দের বেগ

$V_0 = 0°C$ „ „ „

α = ধ্রুবক = ·00366

t = তাপমাত্রা বৃদ্ধি।

(3) গ্যাসের আর্দ্রতা বৃদ্ধি পাইলে উক্ত গ্যাসে শব্দের বেগ বৃদ্ধি পায়, আবার আর্দ্রতা কমিলে বেগও কমিয়া যায়।

প্রশ্ন ৩। বায়ু-মাধ্যমে শব্দের বেগের উপর (i) বায়ু-চাপ, (ii) তাপমাত্রা, (iii) আর্দ্রতা এবং (iv) বায়ুপ্রবাহের প্রভাব কি?

[How is the velocity of sound in air affected by (a) pressure, (b) temperature, (c) moisture and (d) wind ?]

[H. S. Exam., 1965]

উঃ। (i) বায়ুচাপ P এবং বায়ুর ঘনত্ব D হইলে বয়েল সূত্র হইতে প্রমাণ করা যায়, $P \propto D$, যদি তাপমাত্রা অপরিবর্তিত থাকে।

$$\text{অর্থাৎ, } \frac{P}{D} = \text{ধ্রুবক।}$$

সুতরাং চাপ পরিবর্তন করিলে ঘনত্ব পরিবর্তিত হইবে, কিন্তু $\frac{P}{D}$ সর্বদা ধ্রুবক থাকিবে এবং শব্দের বেগ $V = \sqrt{\frac{KP}{D}}$ হওয়ায়, বেগের কোন পরিবর্তন হইবে না।

সুতরাং বায়ুর তাপমাত্রা অপরিবর্তিত থাকিলে, চাপের পরিবর্তনে শব্দের বেগের পরিবর্তন হয় না।

(ii) বায়ুর তাপমাত্রা পরিবর্তিত হইলে ঘনত্বের পরিবর্তন হয় ; সুতরাং শব্দের বেগেরও পরিবর্তন হয়। ধর, $0^\circ C$ এবং $t^\circ C$ তাপমাত্রায় বায়ুর ঘনত্ব Do এবং D_t ; উক্ত তাপমাত্রায় শব্দের বেগ ধরা হইল যথাক্রমে Vo এবং V_t.

কাজেই, $Vo = \sqrt{\frac{KP}{Do}}$ এবং $V_t = \sqrt{\frac{KP}{D_t}}$

$$\therefore \frac{V_t}{Vo} = \sqrt{\frac{Do}{D_t}}$$

এখন চার্ল'সর সূত্র হইতে আমরা জানি, $Do = D_t(1+\gamma t)$;

এস্থলে γ = বায়ুর আয়তন প্রসারণ গুণাঙ্ক $= \frac{1}{273}$

$$\therefore \frac{V_t}{Vo} = \sqrt{\frac{D_t(1+\gamma t)}{D_t}} = \sqrt{1+\gamma.t} = (1+\tfrac{1}{273}.t)^{\frac{1}{2}}$$

$$= 1 + \cdot 00183 \times t \quad \therefore \quad V_t = Vo(1 + \cdot 00183 \times t)$$

সুতরাং দেখা যাইতেছে যে তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে বায়ু মাধ্যমে শব্দের গতিবেগ বৃদ্ধি পাইবে, তাহার তাপমাত্রা হ্রাসে বেগ হ্রাস পাইবে।

(iii) বায়ুতে আর্দ্রতা বৃদ্ধি পাইলে বায়ু-মাধ্যমে শব্দের বেগও বৃদ্ধি পায়। ইহার কারণ, একই তাপমাত্রা ও চাপে জলীয় বাষ্পের ঘনত্ব শুষ্ক বায়ুর ঘনত্বের $\frac{5}{8}$ ভাগ। সুতরাং বায়ু আর্দ্র হইলে উহার ঘনত্ব কমিয়া যায় এবং শব্দের বেগ বাড়িয়া যায়।

(iv) ১ নং প্রশ্নের শেষাংশ দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ৪। কঠিন ও তরলের মধ্য দিয়া শব্দ চলাচল করিতে পারে ইহার স্বপক্ষে কয়েকটি উদাহরণ দাও। উহাদের মধ্যে শব্দের বেগ নির্ণয়ের পদ্ধতি বর্ণনা কর।

[Give evidence that sound can travel through liquids and solids. Describe methods of determining the velocity of sound in solid and liquid]

উঃ। কয়েকটি সাধারণ ঘটনার ভিতর দিয়া প্রমাণ করা যায় যে কঠিন ও তরলের মধ্য দিয়া শব্দ চলাচল করিতে পারে। বহুদূর হইতে কোন

অশ্বারোহী আসিতে থাকিলে মাটিতে কান পাতিয়া ঐ শব্দ বেশ শোনা যায় কিন্তু মাটি হইতে কিছু উপরে কান রাখিলে আর ঐ শব্দ শোনা যায় না। তেমনি দূরাগত ট্রেণের শব্দ লাইনে কান পাতিলে স্পষ্ট শোনা যায় কিন্তু উপর হইতে হয়ত শোনা যাইবে না। এই সব ক্ষেত্রে মাটি অথবা লোহার ভিতর দিয়া শব্দ চলাচল করে।

বৃষ্টির সময় পুকুরের জলে ডুব দিলে জলের উপর বৃষ্টি পড়ার শব্দ বেশ স্পষ্ট শোনা যায়। এস্থলে শব্দ জলের ভিতর দিয়া চলাচল করে। প্রকৃতপক্ষে জলের ভিতর শব্দের গতি প্রয়োগ করিয়া পূর্বে সমুদ্র-গভীরতা মাপা হইত।

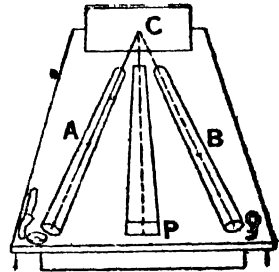
বায়ট লোহার ভিতর দিয়া শব্দের বেগ নির্ণয় করেন। কতগুলি ফাঁপা লোহার পাইপ একসঙ্গে জোড়া লাগাইয়া তিনি 915 metres দীর্ঘ একটি নল তৈয়ারী করেন। এই নলের একমুখে একটি ঘণ্টা যুক্ত করিয়া শব্দ করা হইল। অপর প্রান্তে দুইটি শব্দ শোনা গেল। একটি শব্দ লোহার পাইপ বাহিয়া প্রবাহিত হইল—অপরটি পাইপের ফাঁপা অংশের বায়ুর ভিতর দিয়া প্রবাহিত হইল। দুই শব্দের ভিতর সময় ব্যবধান লক্ষ্য করিয়া তিনি লোহার ভিতর শব্দের বেগ নির্ণয় করেন। এই বেগ প্রায় 16,400 ft/sec.

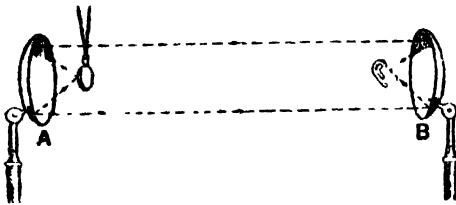
জলের ভিতর শব্দের বেগ নির্ণয় করেন Strum এবং Colladon 1825 সালে। জেনেভার এক হ্রদে একটি নির্দিষ্ট দূরত্বে দুইটি নৌকা রাখা হইল। একটিতে জলে নিমজ্জিত একটি ঘণ্টা ছিল। ঐ ঘণ্টাটিকে হাতুড়ি দিয়া বাজাইবার এমন বন্দোবস্ত ছিল যে শব্দের সঙ্গে সঙ্গে একটি বিস্ফোরণ হইবে। অপর নৌকায় জলের ভিতর শব্দ গ্রহণ করিবার একটি বিশেষ যন্ত্র ear-trumpet ছিল। এইভাবে জলের ভিতর এক নৌকা হইতে অপর নৌকার দূরত্ব অতিক্রম করিতে শব্দের কত সময় লাগে তাহা নির্ণয় করা হইল এবং তাহা হইতে সহজেই বেগ নির্ণীত হইল। এই বেগের পরিমাণ প্রায় 4700 ft/sec. অবশ্য, এই বেগ জলের তাপমাত্রার উপর নির্ভরশীল।

****প্রশ্ন ৫। আলোকের ন্যায় শব্দেরও প্রতিফলন হয় তাহার কয়েকটি পরীক্ষা বর্ণনা কর। শব্দের প্রতিফলনের কয়েকটি ব্যবহারিক প্রয়োগের উল্লেখ কর।**

[Devise experiment to show that sound can be reflected like light. Describe some practical application of reflection of sound.]

উঃ। সমতল এবং অবতল—দুই প্রকার প্রতিফলক দ্বারাই আলোকের ন্যায় শব্দের প্রতিফলন দেখানো যাইতে পারে।

৪ নং চিত্রে C একটি সমতল কার্ডবোর্ড। একটি ফাঁপা টিনের নলের (A) একমুখে একটি ঘড়ি রাখা হইল এবং A নলটি C কার্ডবোর্ডের সহিত আনতভাবে (inclined) রাখা হইল। A নলের মত আর একটি নল B এর এক খোলামুখে কান রাখিয়া B নলটিকে এমন অবস্থানে রাখ যেখানে ঘড়ির টিক্ টিক শব্দ সর্বাপেক্ষা জোর শোনা যাইবে। এই অবস্থায় দেখা যাইবে যে আপতন কোণ ও প্রতিফলন কোণ সমান। ইহা প্রমাণ করে যে C সমতল বোর্ড দ্বারা শব্দের প্রতিফলন হইল। মাঝখানে পর্দা-P ঘড়ি হইতে সোজাসুজি শব্দ কানে যাইতে বাধা দিবে।

চিত্র নং ৪

৭নং চিত্রে A ও B দুইটি অবতল প্রতিফলক মুখোমুখী অবস্থায় রাখা। A প্রতিফলকের ফোকাসে একটি ঘড়ি রাখিয়া B প্রতিফলকের কাছে কান লইলে সর্বত্র ঘড়ির শব্দ শোনা যাইবে না। একটি নির্দিষ্ট স্থানে শব্দ সর্বাপেক্ষা স্পষ্ট ও জোর শোনা যাইবে। দেখা যাইবে যে ঐ বিন্দু B-প্রতিফলকের ফোকাস। এস্থলে A প্রতিফলকের ফোকাস হইতে শব্দরশ্মি আলোকের ন্যায় প্রতিফলিত হইয়া সমান্তরালভাবে B-প্রতিফলকে পড়ে এবং পুনরায় প্রতিফলিত হইয়া B-এর ফোকাসে একত্রিত হয়।

চিত্র নং ৭

অনেক সময় হয়ত লক্ষ্য করিয়াছ যে দূরাগত ক্ষীণ শব্দ শুনিবার জন্য আমরা হাতকে বাঁকাইয়া কানের কাছে রাখি। উহাতে শব্দরশ্মিগুলি হাত কর্তৃক প্রতিফলিত হইয়া কানে একত্রিত হয় এবং শুনিবার সুবিধা হয়।

ব্যবহারিক প্রয়োগ: (1) দূরবর্তী স্থানে শব্দ পৌঁছাইবার জন্য অনেক সময় নলের ভিতর দিয়া কথা বলিবার ব্যবস্থা থাকে। ইহাকে speaking tube বলে। ঐরূপ একটি ব্যবস্থা 10 নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে। নলের একমুখে কথা বলিলে শব্দরশ্মি নলের ভিতর প্রবেশ করে এবং নলের গা হইতে বার বার প্রতিফলিত হইয়া নলের অপর প্রান্তে পৌঁছায়। বড় মোটর গাড়ীতে আরোহী ও

চিত্র নং 10

চালকের ভিতর কথাবার্তা বলিবার জন্য এইরূপ নল ব্যবহৃত হয়।

(2) ডাক্তারেরা রোগীর বুক পরীক্ষা করিবার জন্য যে যন্ত্র ব্যবহার করেন তাহাতেও শব্দের প্রতিফলনকে প্রয়োগ করা হয়। এই যন্ত্রকে Stethoscope বলে। ইহাতে দুইটি নল থাকে এবং নল দুইটি এক জায়গায় মিলিত হইয়া একটি পাতলা পর্দাযুক্ত যন্ত্রের সহিত যুক্ত থাকে। এই যন্ত্র বুকে রাখিলে বুকের শব্দ নলের ভিতর বারংবার প্রতিফলিত হইয়া কানে পৌঁছায়।

গ্রামোফোন বা মেগাফোনের চোঙ, বধির লোকেরা কানে দিবার যে যন্ত্র ব্যবহার করে সেই ear-trumpet শব্দের প্রতিফলনকে কাজে লাগাইয়া তৈয়ারী করা হয়।

প্রশ্ন ৬। প্রতিধ্বনি কাহাকে বলে এবং কিরূপে ইহার উৎপত্তি হয়? কখন বারংবার প্রতিধ্বনি হয়?

[What is an echo and how is it formed? Why is a succession of echos sometimes observed?

[*cf.* H. S. Comp., 1960, '63, '65 (Comp.).]

উঃ। প্রতিফলনের দরুন ধ্বনির পুনরাবৃত্তিকে প্রতিধ্বনি বলে। দেওয়াল, গাছের সারি, পাহাড় প্রভৃতির সামনে দাঁড়াইয়া শব্দ করিলে কিছুক্ষণ পরে ঠিক

অবিকল ঐ শব্দ শোনা যায়। উহাই প্রতিধ্বনি। মূল শব্দ ও প্রতিধ্বনির ভিতর যে সময় ব্যবধান লক্ষিত হয় তাহা আর কিছুই নয় প্রতিফলক পর্যন্ত শব্দতরঙ্গের পৌছান ও শ্রোতা পর্যন্ত ফিরিয়া আসিবার সময়।

প্রতিধ্বনি স্পষ্ট শুনিতে হইলে শব্দের উৎস হইতে প্রতিফলকের দূরত্ব একটি ন্যূনতম দূরত্বের সমান অথবা বেশী হওয়া প্রয়োজন। ইহার কারণ এই যে কোন শব্দ কানে শুনিলে কানে উহার রেশ কিছুক্ষণ যাবৎ স্থায়ী হয় এবং ঐ সময়ের ভিতর প্রতিধ্বনি কানে পৌছাইলে কান একটানা শব্দ শুনিবে —প্রতিধ্বনি আলাদা করিয়া বুঝিতে পারিবে না। কোন কোন শব্দের রেশ প্রায় $\frac{1}{10}$ sec. ধরিয়া থাকে এবং ঐ সময়ে শব্দ 112 ft/sec. দূর যাইতে পারে কারণ শব্দের বেগ 1120 ft/sec. সুতরাং প্রতিফলক 56 ft. দূরে থাকিলে ঐ সময়ে শব্দ-তরঙ্গ 56 ft. যাইবে এবং পুনরায় 56 ft. আসিয়া অর্থাৎ মোট 112 ft. দূরত্ব যাইয়া $\frac{1}{10}$ sec. সময় অতিবাহিত করিবে এবং স্পষ্ট প্রতিধ্বনি শোনা যাইবে। সুতরাং প্রতিফলকের ন্যূনতম দূরত্ব 56 ft. হওয়া প্রয়োজন।

কিন্তু পদাংশ (syllables)-যুক্ত বোধগম্য (articulate) শব্দের প্রতিধ্বনি স্পষ্ট শুনিতে হইলে প্রতিফলকের দূরত্ব আরো বেশী হইতে হইবে। একমাত্রিক (monosyllabic) শব্দ উচ্চারণ করিতে $\frac{1}{5}$ sec. সময় লাগে। ঐ সময়ে শব্দ 224 ft. যায়। সুতরাং একমাত্রিক শব্দের স্পষ্ট প্রতিধ্বনি শুনিতে হইলে প্রতিফলক অন্ততঃ 112 ft. দূরে রাখিতে হইবে। তেমনি দ্বিমাত্রিকের বেলাতে দ্বিগুণ, ত্রিমাত্রিকের বেলাতে তিনগুণ ইত্যাদি দূরত্বের প্রয়োজন।

দুইটি প্রতিফলকের মাঝখানে দাঁড়াইয়া কোন শব্দ করিলে শব্দ-তরঙ্গ প্রতিফলকদ্বয় দ্বারা বারবার প্রতিফলিত হইবে এবং বারংবার প্রতিধ্বনির সৃষ্টি করিবে। যদি প্রতিফলকদ্বয় খুব কাছাকাছি থাকে তবে প্রতিধ্বনিগুলি আলাদা করিয়া শোনা যাইবে না—তৎপরিবর্তে অনেকক্ষণ যাবৎ একটা গম্ গম্ শব্দ শোনা যাইবে। মেঘের গুরুগুরু শব্দ বিভিন্ন স্তরের মেঘ হইতে শব্দের বারবার প্রতিফলনের ফলে হইয়া থাকে।

অঙ্ক

1. খোলা বায়ুতে A এবং B দুই পর্যবেক্ষককে 1 মাইল দূরত্বে রাখা হইল। A বন্দুক ছুঁড়িল। B আগুনের ঝলক দেখিবার 5 sec. পরে শব্দ শুনিল। বায়ুতে শব্দের বেগ নির্ণয় কর।

[Two observers 'A' and 'B' are stationed in open air, one mile apart. 'A' fires a gun ; 'B' sees the flash and 5 seconds later, hears the report of the gun. Calculate the velocity of sound in air.] [H. S. Exam., 1961]

উঃ। প্রশ্ন হইতে সহজে বোঝা যায় যে শব্দের 1 মাইল যাইতে 5 sec. সময় লাগিল,

এখন, 1 mile $=1760\times3$ ft.

সুতরাং শব্দের বেগ $V=\frac{1760\times3}{5}=352\times3=1056$ ft/sec.

2. বন্দুক ছুঁড়িবার শব্দ বন্দুকের আলো দেখিবার 6 sec. পরে পৌঁছিল। শ্রোতা হইতে বন্দুকের দূরত্ব 6720 ft. হইলে শব্দের বেগ কত ?

উঃ। আমরা জানি $V=\frac{S}{t}$

এক্ষেত্রে $S=6720$ ft. ; $t=6$ sec.

সুতরাং $V=\frac{6720}{6}=1120$ ft/sec.

3. 0°C তাপমাত্রা ও 76 cms. পারদের চাপে শব্দের বেগ 330 metres/sec. হইলে 50°C তাপমাত্রা ও 70 cms. পারদের চাপে শব্দের বেগ কত হইবে ?

উঃ। চাপের পরিবর্তনে শব্দের বেগের কোন পরিবর্তন হইবে না। শুধু তাপমাত্রার পরিবর্তন বিবেচনা করিতে হইবে। আমরা জানি,

$$V_t=V_0(1+\tfrac{1}{2}\alpha t)$$

এস্থলে $V_0=330$ metres/sec. , $\alpha=\cdot00367$; $t=50°C$

সুতরাং $V_t=330\,(1+\tfrac{1}{2}\cdot0367\times50)$

$=330\,(1+\cdot00183\times50)$

$=360\cdot19$ metres/sec.

4. একটি কেল্লা হইতে নির্দিষ্ট সময়ে তোপধ্বনি করা হয়। কেল্লা হইতে কিছুদূরে অবস্থিত জনৈক ব্যক্তি তোপের শব্দ শুনিয়া ঘড়ি মিলাইল কিন্তু পরে দেখিল তাহার ঘড়ি আধ মিনিট 'স্লো' গিয়াছে। কেন এইরূপ হইল বলিতে পার ?

শব্দের বেগ 1100 ft/sec. হইলে কেল্লা হইতে ব্যক্তির দূরত্ব নির্ণয় করিতে পার ?

[A gun is fired from a fort at a fixed hour. An observer, from a distance sets his watch by the report of the gun, but finds later that it is slow by half a minute. Can you say, why ?

Can you calculate the distance (in miles) of the fort from the observer, assuming velocity of sound to be 1100 ft./sec ?]
[H. S. Exam., 1960]

উঃ। কোন দূরত্ব অতিক্রম করিতে শব্দের কিছু সময় লাগে, কারণ শব্দ একটি নির্দিষ্ট বেগে চলাচল করে। কেল্লা হইতে ব্যক্তি পর্যন্ত আসিতে শব্দের কিছু সময় লাগিবে। কাজেই শব্দ যে-সময় করা হইল এবং ঐ শব্দ ব্যক্তি যখন শুনিল তাহা এক হইতে পারে না। প্রশ্ন হইতে সহজে বোঝা যায় যে ঐ দূরত্ব অতিক্রম করিতে শব্দ আধ মিনিট সময় লইয়াছে।

সুতরাং কেল্লা হইতে ব্যক্তির দূরত্ব=শব্দের বেগ × সময়

$$=1100 \times 30 \text{ ft.}$$

$$=\frac{1100 \times 30}{3 \times 1760} \text{ miles} = 6\tfrac{1}{4} \text{ miles.}$$

5. এক ব্যক্তি দুইটি সমান্তরাল পাহাড়ের মধ্যবর্তী কোন স্থানে দাঁড়াইয়া বন্দুক ছুঁড়িল। ইহার $1\frac{1}{2}$ সেকেণ্ড ও $2\frac{1}{2}$ সেকেণ্ড পরে দুইবার প্রতিধ্বনি শোনা গেল। শব্দের গতিবেগ 1120 ft/sec. হইলে পাহাড় দুইটির দূরত্ব কত? বন্দুকের আওয়াজের কতক্ষণ পরে সে তৃতীয়বার প্রতিধ্বনি শুনিবে?

[A man fired a gun standing between two parallel cliffs. He heard two successive echos after $1\frac{1}{2}$ and $2\frac{1}{2}$ sec. respectively. What is the distance between the cliffs ? When will he hear the third echo ? Velocity of sound = 1120 ft/sec.]

উঃ। ধর, মানুষ হইতে প্রথম পাহাড়ের দূরত্ব x এবং অপর পাহাড়ের দূরত্ব y ft. $(y>x)$. প্রথম প্রতিধ্বনি কাছের পাহাড় কর্তৃক হইবে এবং সেক্ষেত্রে $2x=V.\ 1\frac{1}{2}$. [V=শব্দের গতিবেগ]

যে শব্দ দূরের পাহাড় কর্তৃক প্রতিফলিত হইল তাহার বেলাতে $2y=V.\ 2\frac{1}{2}$.

∴ পাহাড় দুইটির দূরত্ব$=x+y$

$$=\tfrac{3}{4}V+\tfrac{5}{4}V=2V$$

$$=2 \times 1120=2240 \text{ ft.}$$

এখন, তৃতীয় প্রতিধ্বনি তখনই শোনা যাইবে যখন কাছের পাহাড় হইতে প্রতিফলিত শব্দ মানুষ পার হইয়া দ্বিতীয় পাহাড় হইতে পুনরায় প্রতিফলিত হইয়া শ্রোতার নিকট পৌঁছাইবে

সুতরাং এই শব্দ-তরঙ্গ পাহাড় দুইটির ভিতরকার দূরত্ব দুইবার অতিক্রম করিতেছে। ইহাতে যে সময়ের প্রয়োজন তাহা $=\frac{2\times2240}{1120}=4$ sec. সুতরাং বন্দুকের শব্দের 4 sec. পরে তৃতীয় প্রতিধ্বনি শোনা যাইবে।

6. একটি প্রতিধ্বনি চারিটি পদাংশবিশিষ্ট শব্দের পুনরাবৃত্তি করিল। প্রতিফলকের দূরত্ব কত? (শব্দের বেগ = 1120 ft/sec)

[An echo repeated four syllables. What is the distance of the reflector ? Vel. of sound = 1120 ft/sec.]

উঃ। আমরা জানি একটি পদাংশ উচ্চারণ করিতে $\frac{1}{5}$ sec. সময় লাগে। চারিটি পদাংশের বেলাতে $\frac{4}{5}$ sec. সময় লাগিবে। এই সময়ে শব্দ যে দূরত্ব অতিক্রম করে তাহা $=\frac{4}{5}\times1120$ ft $=896$ ft.

অতএব, প্রতিফলকের দূরত্ব $=\frac{896}{2}=448$ ft.

7. একজন পর্যবেক্ষক একটি পাহাড় হইতে কিছুদূরে দাঁড়াইয়া লক্ষ্য করিল যে ধ্বনি এবং প্রতিধ্বনির মধ্যে সময়ের ব্যবধান 3 sec অতঃপর সে পাহাড়ের দিকে 550 ft অগ্রসর হইয়া দেখিল যে ঐ সময় ব্যবধান 2 sec. (ক) শব্দের গতিবেগ এবং (খ) পাহাড় হইতে পর্যবেক্ষকের প্রাথমিক অবস্থান নির্ণয় কর।

[An observer at a certain distance from a cliff notes that the interval between a sound he makes and its echo is 3 sec. , then he walks 550 ft. nearer the cliff and finds that the corresponding interval is 2 sec. Calculate (a) the velocity of sound and (b) the observer's original distance from the cliff.]

উঃ। মনে কর, পাহাড় হইতে পর্যবেক্ষকের প্রাথমিক দূরত্ব x ft এবং শব্দের গতিবেগ V ft/sec.

অতএব, প্রথম ক্ষেত্রে, $\frac{2x}{V}=3$......(i)

এবং দ্বিতীয় ক্ষেত্রে, $\frac{2(x-550)}{V}=2$ ...(ii)

প্রথম সমীকরণ হইতে, $V=\frac{2}{3}x$.

দ্বিতীয় ,, ,, $V=x-550$

$\therefore \frac{2}{3}x=x-550$, or, $\frac{1}{3}x=550$ ft. $\therefore x=1650$ ft.

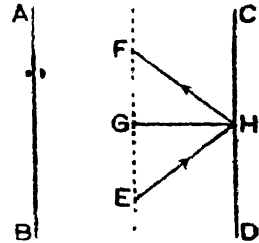
কাজেই, $V=\frac{2}{3}x=\frac{2}{3}\times1650=1100$ ft/sec.

8. সমান্তরাল দুই সারি বাড়ীর ঠিক মাঝখান দিয়া একটি রাস্তা গিয়াছে। একজন মোটর আরোহী 36 Kilometres per hour বেগে মোটর চালাইতে চালাইতে হর্ণ দিয়া 1 sec. পরে উহার প্রতিধ্বনি শুনিতে পাইল। দুই সারি বাড়ীর মধ্যবর্তী দূরত্ব নির্ণয় কর।

[A road runs midway between two long parallel rows of buildings. A motorist moving with a velocity of 36 Kilometres per hour sounds the horn. He hears the echo 1 sec. after he sounded the horn. Find the distance between the two rows of buildings.]

উঃ। AB এবং CD দুই সারি বাড়ী এবং EF রাস্তা। E অবস্থানে হর্ণ বাজাইলে শব্দ বাড়ী কর্তৃক প্রতিফলিত হইয়া F বিন্দুতে উপস্থিত হইলে প্রতিধ্বনি শোনা যাইবে। ইহাতে 1 sec. সময় লাগিল। অতএব 1 sec. সময়ে আরোহী E হইতে F পর্যন্ত গেল। আরোহীর বেগ $=\frac{36\times1000}{60\times60}=$ 10 metres per sec.

সুতরাং, EF = 10 metres.

চিত্র হইতে সহজে বোঝা যায় $EG=\frac{1}{2}EF=$ 5 metres, এখন EH দূরত্ব যাইতে শব্দের $\frac{1}{2}$ sec সময় লাগিল। শব্দের বেগ 330 metres/sec. ধরিলে EH = 165 metres.

চিত্র নং 11

$$\text{এখন,}\quad (EH)^2=(EG)^2+(GH)^2$$
$$\text{Or,}\quad (165)^2=(5)^2+(GH)^2$$
$$\text{Or,}\quad (GH)^2=(165)^2-(5)^2=170\times160$$
$$\therefore\quad GH=166 \text{ metres (প্রায়)}$$

অতএব, দুই সারির মধ্যবর্তী দূরত্ব = 332 metres

অনুশীলনী

1. 0°C তাপমাত্রায় শব্দের বেগ 1090 ft/sec. 20°C তাপমাত্রায় বেগ কত হইবে ?

[If the velocity of sound at 0°C be 1090 ft/sec. what will be the velocity at 20°C ?] [উঃ 1130 ft./sec.]

2. এক ব্যক্তি দূরের কেল্লার তোপধ্বনি শুনিয়া নিজের ঘড়ি মিলাইল। পরে দেখিল তাহার ঘড়ি 2 সেকেণ্ড 'স্লো' গিয়াছে। ঐ সময়ের তাপমাত্রা যদি 15°C হয় এবং 0°C তাপমাত্রায় শব্দের বেগ যদি 332 metres/sec. হয় তবে ঐ ব্যক্তি হইতে কেল্লার দূরত্ব নির্ণয় কর।

[A person sets his watch by hearing the gun-fire at a distant fort. He afterwards found that his watch had gone slow by

2 seconds If the temperature at the time was 15°C and the velocity of sound at 0 C be 332 metres/sec. what was the distance of the fort from the man ?] [উ: 682·3 metres]

3. বিদ্যুতের আলো দেখিবার 2 সেকেণ্ড পরে মেঘের শব্দ শোনা গেল। ঐ সময়ের তাপমাত্রা 24°C হইলে-মেঘের দূরত্ব কত ?

[The sound of thunder-clap was heard 2 sec. after the flash was seen. If the temperature at that time was 24°C, find the distance of the cloud. Vel. of sound at 0°C = 1120 ft/sec.]

[উ: 2336 ft.]

4. বিদ্যুতের ঝলক দেখিবার 5·5 sec. পরে বজ্রের শব্দ শোনা গেল। কত দূরে ঐ ঝলক তৈয়ারী হইয়াছিল ? 0°C তাপমাত্রার বায়ুতে শব্দের বেগ = 1100 ft/sec, বায়ুর তাপমাত্রা = 20°C.

[A thunder clap was heard 5·5 seconds after the accompanying lighting flash was seen. How far away did the flash occur ? Velocity of sound in air at 0°C = 1100 ft/sec ; temperature of air = 20°C.] [H. S. (Comp), 1962] [উ: 6267·8 ft.]

5. যদি পৃথিবীর বায়ুমণ্ডল চাঁদ পর্যন্ত বিস্তৃত থাকিত তবে পৃথিবীর শব্দ চাঁদে পৌঁছাইতে কত সময় লাগিত ? পৃথিবী হইতে চাঁদের দূরত্ব 2,40,000 মাইল এবং শব্দের গতি 1120 ft/sec.

[If the atmosphere of the earth were extended up to the moon, what time will be required for sound to reach from the earth to the moon ? The distance between the earth and the moon is 2,40,000 miles and the velocity of sound is 1120 ft/sec]

[উ: 314 ঘ: 17 মি:]

6. স্বাভাবিক বায়ু-চাপ ও তাপমাত্রায় শব্দের বেগ 331·3 metres/sec হইলে কত সময়ে শব্দ 10·5 Kilometres পথ যাইবে ? ঐ সময়ের বায়ু চাপ 740 m. m. এবং তাপমাত্রা 30·5°C.

[Velocity of sound at N. T. P. being 331·3 metre/sec. what time will be required by the sound to travel 10·5 kilometres, when the temp. and pressure are 30·5°C and 740 m.m. ?]

[উ: প্রায় 30 sec.]

7. 15°C তাপমাত্রায় ও স্বাভাবিক বায়ুচাপে শব্দের গতি 330 metres/sec. 250°C তাপমাত্রায় বেগ নির্ণয় কর।

[Velocity of sound at 15°C and at normal atmospheric pressure is 330 metres/sec. Calculate the velocity at 250°C]

[উ: 444·6 metres/sec.]

8. 78·4 metres, গভীর একটি কুয়ার মধ্যে একটুকরা পাথর ফেলিবার 4·23 sec. পরে ছলাৎ করিয়া শব্দ শোনা গেল। বায়ুমাধ্যমে শব্দের গতিবেগ নির্ণয় কর ($g = 980$ cm/sec.²)

[A splash is heard 4·23 sec. after a stone is dropped into a well 78·4 metres deep. Calculate the velocity of sound in air, given $g = 980$ cm/sec².] [H. S. Exam., 1966]

[উ: 340·57 metres/sec.]

9. জনৈক ব্যক্তি একটি পাহাড় হইতে কিছুদূরে দাঁড়াইয়া শব্দ করিবার 2 sec. পরে প্রতিধ্বনি শুনিল। ব্যক্তি হইতে পাহাড়ের দূরত্ব কত? বায়ুতে শব্দের বেগ = 320 metres/sec.

[A man standing away from a cliff hears an echo of a sound 2 sec. after it was produced by him. What is the distance of the cliff from the man? Vel. of sound in air 320 metres/sec.]

[H. S. (Comp.) 1960] [উ: 320 metres]

10. একটি নৌকা একটি পাহাড়ের দিকে অগ্রসর হইতেছে। নোঙর ফেলিবার শব্দের প্রতিধ্বনি 1·5 sec সময়ে শোনা গেল। পাহাড় হইতে নৌকাটি কত দূরে ছিল? (শব্দের বেগ = 1120 ft/sec.)

[A boat is approaching a hill. The echo of dropping the anchor was heard reflected by the hill 1·5 sec. later. How far was the boat from the hill then? Vel. of sound = 1120 ft/sec]

[উ: 840 ft.]

11. একটি পাহাড়ের সম্মুখে দাঁড়াইয়া এক ব্যক্তি বন্দুক ছুঁড়িল। পাহাড় হইতে সমান দূরে কিন্তু প্রথম ব্যক্তি হইতে 300 ft. দূরে অপর এক ব্যক্তির নিকট শব্দ পৌঁছাইতে যে সময় লাগে প্রতিধ্বনি পৌঁছাইতে তাহার দ্বিগুণ সময় লাগিল। পাহাড় হইতে ব্যক্তিদ্বয়ের দূরত্ব নির্ণয় কর।

[A man, standing in front of a cliff fired a gun. Another man, standing 300 ft. away from the first man but at the same distance from the cliff found that echo took twice as much time as taken by the sound to reach him. Calculate the distance of the two men from the cliff.] [উ: 259·8 ft.]

12. একটি লম্বা পাহাড় হইতে 550 yds. দূরে একটি কামান রাখা আছে। পাহাড় হইতে একই দূরত্বে এবং একই দিকে দণ্ডায়মান একব্যক্তি আগুনের ঝলক দেখিবার 4 sec. পরে কামানের শব্দ শুনিতে পাইল। যদি শব্দের বেগ 1120 ft/sec. হয় তবে কামান হইতে ব্যক্তির দূরত্ব নির্ণয় কর এবং ঝলক দেখিবার কত পরে প্রতিধ্বনি শুনিবে বাহির কর।

[A cannon is placed 550 yds. away from a long range of cliffs. A man, standing at the same distance from and on the same side of the cliff, hears the sound 4 sec. after he sees the flash. If the velocity of sound be 1120 ft/sec, find the distance between the man and the cannon When will he hear the echo after he has seen the flash ?] [উ: 4400 ft. ; 5 sec.]

13. একটি প্রতিধ্বনি ছয় পদাংশের শব্দের পুনরাবৃত্তি করিল। শব্দের বেগ 1120 ft/sec. হইলে প্রতিফলকের দূরত্ব কত ?

[An echo repeated six syallbles. If the velocity of sound be 1120 ft/sec., how far was the reflector ?] [উ: 672 ft.]

14. এক ব্যক্তি দুইটি সমান্তরাল পাহাড়ের মাঝখানে দাঁড়াইয়া বন্দুকের শব্দ করিল। সে প্রথম প্রতিধ্বনি $1\frac{1}{2}$ sec. এবং দ্বিতীয় প্রতিধ্বনি $2\frac{1}{2}$ sec. এবং তৃতীয় প্রতিধ্বনি 4 sec. পরে পরে শুনিল। পাহাড় দুইটির ভিতরকার দূরত্ব 2240 ft. হইলে শব্দের বেগ কত এবং মানুষের দূরত্ব কত ?

[A man standing between two parallel cliffs, fired a gun and heard the first echo $1\frac{1}{2}$ sec. later, the second $2\frac{1}{2}$ sec. and the third 4 sec. after the sound was made. If the distance between the cliffs be 2240 ft., find the velocity of sound and the position of the man] [উ: 1120 ft./sec. , 840 ft.]

15. এক ব্যক্তি একটি পাহাড় হইতে কিছু দূরে দাঁড়াইয়া শব্দ করিয়া 3 sec. পরে তাহার প্রতিধ্বনি শুনিতে পাইল। অতঃপর সে 550 ft. অগ্রসর হইয়া দেখিল যে প্রতিধ্বনি শুনিতে 2 sec. লাগিতেছে। শব্দের বেগ ও ব্যক্তির প্রাথমিক দূরত্ব নির্ণয় কর।

[A man, standing some distance in front of a hill heard the echo 3 sec. after he made the sound. He, then, moved 550 ft. towards the hill and found that the echo took 2 sec. to reach him. Find the velocity of sound and the initial distance of the man from the hill.] [উ: 1100 ft./ sec. ; 1650 ft.]

16. জনৈক ব্যক্তি একটি পাহাড় হইতে 'd' ft. দূরে দাঁড়াইয়া শব্দ করিয়া দেখিল প্রতিধ্বনি শুনিতে 15 sec. সময় লাগে। অতঃপর সে 300 ft. অগ্রসর হইয়া দেখিল প্রতিধ্বনি 10 sec.এ পৌঁছায়। 'd'এর মান নির্ণয় কর।

[A hill is at a distance 'd' ft. from a person who hears the echo of a sound produced by him in 15 sec. The man moves 3000 ft. towards the hill and hears a new echo in 10 sec. Calculate the value of 'd'.] [উঃ 9000 ft.]

[সংকেত : V = শব্দের বেগ। প্রথম ক্ষেত্রে $V \times 15 = 2d$ ... ... (i)

দ্বিতীয় ক্ষেত্রে $V \times 10 = 2(d - 3000)$ (ii)

দুইটি সমীকরণ হইতে 'd' নির্ণয় কর।

17. একজন বন্দুকধারী সৈনিক 5 metres/sec. বেগে একটি পাহাড়ের দিকে ছুটিতে ছুটিতে বন্দুক ছুঁড়িল, যখন সে পাহাড় হইতে 2·5 kilometres দূরে ছিল। কখন এবং কোন্ স্থানে সে প্রতিধ্বনি শুনিবে ? শব্দের গতিবেগ = 330 metres/sec.

[An armed soldier running towards a cliff with a uniform velocity of 5 metres/sec. fires his gun at a distance of 2·5 kilometres from the cliff. When and where will he hear the echo ? Velocity of sound = 330 metres/sec.]

[সংকেত : ধরা যাউক 't' sec. পরে সে প্রতিধ্বনি শুনিল। এই সময়ে সে পাহাড়ের দিকে যতটা অগ্রসর হইবে তাহা = $5 \times t = 5t$ metres.

এখন যাইবার সময় শব্দকে 2·5 kilometres = 2500 metres যাইতে হইবে।

ইহার জন্য প্রয়োজনীয় = $\frac{2500}{330} = \frac{250}{33}$ sec.

সুতরাং প্রতিফলিত হইয়া ফিরিবার সময় = $(t - \frac{250}{33})$ sec.

এই সময়ে শব্দ যে দূরত্ব যাইবে = $(t - \frac{250}{33}) \times 330$ metres

কিন্তু এই দূরত্ব = $(2500 - 5t)$ metres.

$\therefore \quad 2500 - 5t = (t - \frac{250}{33} \times 330) = 335t - 2500$

or, $50,00 = 335t \quad \therefore \quad t = \frac{5000}{335} = 14·9$ sec.

যে স্থানে প্রতিধ্বনি শোনা যাইবে পাহাড় হইতে তাহার দূরত্ব

$= 2500 - 5t$ metres $= 2500 - 5 \times 14·9$ metres

$= 2500 - 74·5$ metres $= 2425·5$ metres $= 2·42$ kilometre.

তৃতীয় পরিচ্ছেদ

সুরযুক্ত শব্দ এবং তারের ও বায়ুস্তম্ভের কম্পন

প্রশ্ন ১। সুরযুক্ত ও সুরবর্জিত শব্দের ভিতর তফাত কি? সুরযুক্ত স্বরের বিশেষত্ব কি এবং উহারা কোন্ কোন্ বিষয়ের উপর নির্ভর করে?

[What is the difference between musical sound and noise? What are the characteristics of a musical note and upon what factors do they depend?] [H. S. Exam., 1963 '65]

উঃ। শব্দকে প্রধানত দুইভাগে ভাগ করা যায়: (1) সুরযুক্ত ও (2) সুরবর্জিত; অনুভূতির দিক হইতে বিচার করিলে শ্রুতিসুখকর শব্দকে সুরযুক্ত ও শ্রুতিকটু শব্দকে সুরবর্জিত শব্দ বলা যাইতে পারে। কিন্তু অনুভূতির বিচার সর্বদা ঠিক হয় না-কারণ দেখা গিয়াছে যে যাহাকে সাধারণতঃ শ্রুতিসুখকর বলি তাহা সময় সময় শ্রুতিকটু হইয়া দাঁড়ায়। আবার, সাধারণভাবে যে শব্দকে শ্রুতিকটু বলিয়া ধরা হয় তাহাও সময়ভেদে সুখানুভূতির সৃষ্টি করে। যেমন, ঘণ্টার শব্দ সাধারণতঃ মধুর। কিন্তু সময় বিশেষে ঘণ্টার শব্দই পীড়াদায়ক হইয়া দাঁড়ায়। বিজ্ঞানের ভিত্তিতে সেই শব্দকে সুরযুক্ত বলা হইবে যাহা উৎসের নিয়মিত পর্যাবৃত্ত গতির দ্বারা উৎপন্ন হইবে। সুরযুক্ত শব্দ সুসংবদ্ধ অনুদৈর্ঘ্য তরঙ্গের দ্বারা বায়ুমাধ্যমে সঞ্চালিত হয়। উৎসের অনিয়মিত, ক্ষণস্থায়ী স্পন্দনের ফলে যে শব্দের উৎপত্তি হয় তাহা সুরবর্জিত। ইহার তরঙ্গগুলি অনিয়মিত ঘনীভবন ও তনুভবনের সমষ্টিমাত্র। বিস্ফোরণ, বহুলোকের একসঙ্গে কথাবার্তা, যানবাহন চলাচলের শব্দ—এইগুলি সুরবর্জিত শব্দ।

সুরযুক্ত স্বরের নিম্নলিখিত বৈশিষ্ট্য বর্তমান এবং এইগুলির দ্বারা বিভিন্ন সুরযুক্ত স্বরের পার্থক্য জানা যায়:—

(1) তীক্ষ্ণতা (pitch): সুরযুক্ত শব্দের তীক্ষ্ণতা দ্বারা স্বরগ্রামে (musical scale) ঐ শব্দের কোথায় অবস্থিতি তাহা বুঝানো হয়। সাধারণভাবে শব্দ চড়া কিংবা খাদের ইহা তীক্ষ্ণতা দ্বারা বুঝানো হয়। যেমন, হার্মোনিয়ামের প্রথম 'সা' এবং শেষ 'সা' বিবেচনা করিলে শেষেরটির

তীক্ষ্ণতা প্রথমটি অপেক্ষা অনেক বেশী—অর্থাৎ প্রথমটি খাদের এবং শেষেরটি চড়া স্বরের।

(2) প্রাবল্য (loudness) বা তীব্রতা (intensity): যখন কোন শব্দ বেশী পরিমাণ শক্তি বহন করিয়া কানে পৌছায় তখন কর্ণপটহের প্রচণ্ড আন্দোলন হয় এবং তখন আমরা বলি শব্দের প্রাবল্য বা তীব্রতা খুব বেশী। সুতরাং সাধারণভাবে শব্দ জোর কিংবা আস্তে ইহা বুঝাইবার জন্য প্রাবল্য বা তীব্রতা কথা ব্যবহৃত হয়।

(3) গুণ বা জাতি (quality): বিভিন্ন উৎস হইতে নির্গত একই তীক্ষ্ণতা ও প্রাবল্যযুক্ত শব্দ কানে পৌছাইলে বিভিন্ন অনুভূতির সৃষ্টি করে এবং আমরা বুঝিতে পারি যে উহারা বিভিন্ন উৎস হইতে আসিতেছে। হার্মোনিয়াম এবং বেহালাতে 'সা' বাজাইলে না দেখিয়া বলা যায় যে কোন্ শব্দটি কোন্ যন্ত্রের। শব্দের এই যে বৈশিষ্ট্য যাহা দ্বারা আমরা সহজে ইহাদের চিনিতে পারি তাহাকেই গুণ বা জাতি বলে।

স্বরের তীক্ষ্ণতা উহার কম্পাঙ্কের উপর নির্ভর করে। কম্পাঙ্কের হ্রাস-বৃদ্ধির সহিত স্বরের তীক্ষ্ণতার হ্রাস-বৃদ্ধি হয়।

স্বরের প্রাবল্য নিম্নলিখিত বিষয়গুলির উপর নির্ভরশীল :—

(1) উৎসের কম্পনের বিস্তার (amplitude)। বিস্তার বেশী হইলে প্রাবল্য বৃদ্ধি পায়।

(2) উৎস ও শ্রোতার ভিতর দূরত্ব। প্রাবল্য এই দূরত্বের বর্গের ব্যস্তানুপাতিক।

(3) মাধ্যমের ঘনত্ব। শব্দ যে মাধ্যমের ভিতর দিয়া যাইবে তাহার ঘনত্ব বৃদ্ধি পাইলে শব্দের প্রাবল্যও বৃদ্ধি পায়।

(4) উৎসের আকার (size)। উৎসের আকার বৃহৎ হইলে শব্দে বেশী পরিমাণে শক্তি সঞ্চালিত হইবে এবং শব্দের প্রাবল্য বৃদ্ধি পাইবে।

স্বরের জাতি বা গুণ নির্ভর করে স্বরে উপস্থিত উপস্বরের (overtones) সংখ্যা দ্বারা। যে-যন্ত্রের স্বরে উপস্বরের সংখ্যা বেশী সেই স্বরের গুণ বা জাতি তত উচ্চ।

প্রশ্ন ২। "দুইটি স্বরযুক্ত শব্দ পরস্পর হইতে প্রাবল্য, তীক্ষ্ণতা ও জাতি এই তিন বিশেষত্ব দ্বারা পৃথক্।"—এই বাক্য দ্বারা কি বুঝানো হইতেছে? উক্ত বিশেষত্বগুলি কাহার উপর নির্ভরশীল?

["Two musical sounds are different from each other in respect of loudness, pitch and quality." What is meant by this statement? On what do these qualities depend?]

উঃ। প্রাবল্য, তীক্ষ্ণতা ও জাতি—এই তিনটি হইতেছে স্বরযুক্ত শব্দের বিশেষত্ব এবং যে কোন দুইটি স্বরযুক্ত শব্দের এই তিন বৈশিষ্ট্য এক নহে। প্রকৃতপক্ষে, এই বিশেষত্বগুলি দ্বারা দুইটি শব্দের পার্থক্য আমরা বুঝিতে পারি।

ইহার পর ১নং প্রশ্নের উত্তর দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ৩। নিম্নলিখিত প্রশ্নগুলির উত্তর লেখ :—

(i) করাত দিয়া কাঠ কাটিবার সময় গোড়াতে খুব তীক্ষ্ণ শব্দ শোনা যায়, কিন্তু করাত কাঠের ভিতর যত কাটিয়া যায় শব্দের তীক্ষ্ণতা তত কমিয়া যায়। কেন?

[A very high pitched note is heard when the teeth of a saw starts cutting a log of wood but the pitch fall as the saw cuts into the wood. Why?]

(ii) একটি অন্ধকার ঘরে না দেখিয়া বলা যায় যে কোন শব্দ হার্মোনিয়াম দ্বারা হইতেছে কিংবা বেহালা দ্বারা হইতেছে। কেন?

[In a dark room one would be able to tell whether a given note had been produced by a harmonium or a violin. Why?]

[cf. H. S. (Comp.), 1960]

(iii) উৎস হইতে শ্রোতা যত দূরে সরিয়া যায় শব্দের প্রাবল্য তত কমিয়া যায়। কেন?

[When the listener moves away from the source, the loudness of the note heard gradually falls. Why?]

উঃ। (i) যখন করাত দিয়া কাঠ কাটিতে সুরু করা হয় তখন করাত খুব জত চালনা করিতে হয়। নতুবা করাতের দাঁত কাঠে বসিতে চায় না। সুতরাং

প্রথমাবস্থায় করাত চালনার পৌনঃপুনিকতা বা কম্পন (frequency) বেশী থাকে এবং তাহার ফলে যে শব্দের সৃষ্টি হয় তাহার তীক্ষ্ণতাও বেশী থাকে। কিন্তু যখন করাত কাঠ কাটিয়া ভিতরে ঢোকে তখন আর তত দ্রুত চালাইবার প্রয়োজন হয় না। আস্তে আস্তে চালনা করিলেই কাঠ কাটিয়া যায়; সুতরাং শেষের দিকে কম্পাঙ্ক কমিয়া যাওয়ায় শব্দের তীক্ষ্ণতাও কমিয়া যায়।

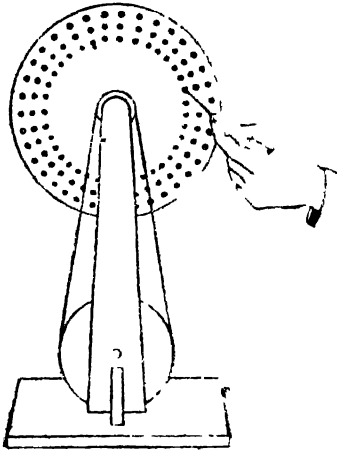
(ii) প্রত্যেক যন্ত্র হইতে নিঃসৃত শব্দের নিজস্ব গুণ বা জাতি আছে। ইহা যন্ত্রনিঃসৃত শব্দের তরঙ্গাকৃতির (wave-form) উপর অথবা শব্দে উপস্থিত উপসুরের সংখ্যা দ্বারা নিয়ন্ত্রিত হয়। হার্মোনিয়াম বা বেহালার শব্দের জাতি এক নয়। সুতরাং এই দুই শব্দ কানে বিভিন্ন অনুভূতির সৃষ্টি করিবে। আমরা হার্মোনিয়াম ও বেহালার সুর শুনিতে অভ্যস্ত বলিয়া উহাদের জাতির সহিতও পরিচিত। এই কারণে অন্ধকার ঘরে চোখে না দেখিয়াও বলিতে পারা যায় কোন্ শব্দটি কোন্ যন্ত্রের।

(iii) প্রত্যেক তরঙ্গের—আলোকেরই হউক কি শব্দেরই হউক—একটি সাধারণ ধর্ম এই যে ইহার প্রাবল্য দূরত্বের বর্গের ব্যস্তানুপাতিক। যত দূরত্ব বাড়িবে শব্দকে তত বেশী মাধ্যম ভেদ করিয়া যাইতে হইবে। ইহাতে শব্দ-তরঙ্গের শক্তি ক্ষয়। সুতরাং শব্দের উৎস হইতে শ্রোতা যত দূরে সরিয়া যাইবে শব্দ-তরঙ্গ তাহার কানে তত কম শক্তি বহন করিয়া আনিবে। এই কারণে শ্রুত শব্দের প্রাবল্য আস্তে আস্তে ক্ষীণ হয়।

**প্রশ্ন ৪। নকশা সহ সীবেকের সাইরেন বর্ণনা কর। উহা দ্বারা শব্দের তীক্ষ্ণতা কিরূপে বর্ণনা করিবে ?

[Describe a Seebeck's Siren, giving a diagram. How would you use it to determine the frequency of a note ?]

উঃ। 11নং চিত্রে একটি সীবেকের সাইরেনের নকশা দেখানো হইল। একটি গোলাকার ধাতব চাকতিকে এমনভাবে রাখা হয় যে উহা একটি অক্ষ দণ্ডের (spindle) চতুর্দিকে ঘুরিতে পারে। বেল্ট ও হাতলের সাহায্যে চাকতিকে ঘুরাইবার বন্দোবস্ত আছে। এই চাকতির উপর বিভিন্ন ব্যাসযুক্ত সমকেন্দ্রিক বৃত্তের পরিধির উপর কয়েকটি সূক্ষ্ম ছিদ্র থাকে। এই সকল বৃত্তের

কেন্দ্র অক্ষ-দণ্ডের উপর অবস্থিত। একটি খুব সরুমুখ নল (nozzle) ও পা-চাপরের (foot bellow) দ্বারা ছিদ্রপথে বায়ু চালাইবার ব্যবস্থা থাকে। সরুমুখ নলটি এক সারি ছিদ্রের সম্মুখে ধরিয়া বায়ু চালাইলে এবং চাকতিকে হাতল দিয়া ঘুরাইলে একবার বায়ু নির্গত হইবে এবং পরক্ষণেই ছিদ্র সরিয়া গেলে বায়ুপ্রবাহ বাধা পাইবে এবং নির্গত হইতে পারিবে না। বায়ুর এই নির্গমন ও অবরোধ পর্যায়ক্রমে হইবার ফলে চাকতির অপর পার্শ্বের বায়ুতে ঘনীভবন ও তনুভবনের সৃষ্টি হয়

চিত্র নং 12

এবং শব্দের উৎপত্তি হয়। লক্ষ্য করিলে দেখা যাইবে যে যত জোরে চাকতি ঘুরানো যায় শব্দের তীক্ষ্ণতাও তত বৃদ্ধি পায় কারণ, বায়ুর আন্দোলনের কম্পাঙ্ক তত বৃদ্ধি পায়। আবার একই গতিতে ঘুরাইয়া একবার কম সংখ্যক ছিদ্রের সারির সম্মুখে সরুমুখ নল রাখিলে এবং পরে বেশীসংখ্যক ছিদ্রের সারির সম্মুখে রাখিলে দেখা যাইবে যে দ্বিতীয় বারের শব্দের তীক্ষ্ণতা বেশী। এক্ষেত্রেও ছিদ্রের সংখ্যা বেশী হওয়ায় বায়ুর আন্দোলনের কম্পাঙ্ক বৃদ্ধি পায়। সুতরাং সাইরেন নির্গত শব্দের তীক্ষ্ণতা চাকতির ছিদ্র সংখ্যা এবং প্রতি সেকেণ্ডে আবর্তন সংখ্যার সমানুপাতিক। প্রকৃতপক্ষে,

শব্দের কম্পাঙ্ক = ছিদ্রসংখ্যা × প্রতি সেকেণ্ডে আবর্তন সংখ্যা

$= m \times n$ [m = ছিদ্রসংখ্যা

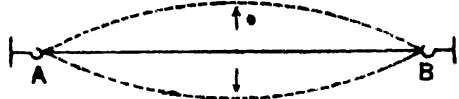
n = সেকেণ্ডে আবর্তন সংখ্যা]

কোন নির্দিষ্ট শব্দের তীক্ষ্ণতা নির্ণয় করিতে হইলে চাকতির আবর্তনকে নিয়ন্ত্রিত করিতে হইবে এবং ছিদ্রের সারি এমনভাবে বাছিয়া লইতে হইবে যে সাইরেন নিঃসৃত শব্দের সহিত নির্ণেয় সুরের তীক্ষ্ণতার মিল (unison)

হয়। এই অবস্থায় সাইরেনের ছিদ্রসংখ্যাকে উহার আবর্তন সংখ্যা দ্বারা গুণ করিলে নির্ণেয় স্বরের তীক্ষ্ণতা পাওয়া যাইবে।

প্রশ্ন ৫। তারের তির্যক কম্পন বলিতে কি বোঝ? উক্ত কম্পনের নিয়মগুলি বর্ণনা কর এবং প্রয়োজনীয় সমীকরণের উল্লেখ কর।

[What do you mean by transverse vibrations of a string? State the laws of such vibrations and mention the necessary equation.] [H. S. Exam, 1962]

উঃ। দুই প্রান্ত দৃঢ়ভাবে আবদ্ধ কোন সরু তারের মধ্যস্থল তারের দৈর্ঘ্যের সমকোণে টানিয়া ছাড়িয়া দিলে বা আঘাত করিলে তারের তির্যক কম্পন সৃষ্টি হইবে। ফলে তার বরাবর দুই প্রান্তের দিকে তির্যক তরঙ্গ প্রবাহিত হইয়া বদ্ধপ্রান্ত কর্তৃক প্রতিফলিত হইবে এবং পুনরায় বিপরীত দিক হইতে অগ্রসর হইয়া মাঝ বরাবর পরস্পরকে অতিক্রম করিবে। এইরূপে দুইটি একই ধরনের তরঙ্গ বিপরীত দিক হইতে আসিয়া মিলিত হইবার ফলে তারে স্থাণুতরঙ্গের (stationary waves) উৎপত্তি হইবে। তারটি তখন কাঁপিতে থাকিবে। ইহাকেই তারের তির্যক কম্পন বলা হয়। তারের দুই প্রান্ত দৃঢ়ভাবে আবদ্ধ থাকায় ঐ বিন্দুদ্বয় সর্বদা স্পন্দনহীন অর্থাৎ উহারা নিস্পন্দ বিন্দু (node)। যদি তারের মধ্যস্থলে একটি সুস্পন্দ বিন্দু (antinode) থাকে—অর্থাৎ তারটি একযোগে উপর-নীচ ওঠানামা করে (12 নং চিত্র) তবে ঐ কম্পনে যে স্বর নির্গত হয় তাহাকে মূলস্বর বলে।

চিত্র নং 12

তির্যক কম্পনের নিয়ম :—

নিম্নলিখিত তিনটি নিয়মকে তির্যক কম্পনের নিয়ম বলা হয় :—

(1) দৈর্ঘ্যের নিয়ম (Law of length)—যদি কোন কম্পমান তারের টান (T) ও প্রতি একক দৈর্ঘ্যে ভর (m) স্থির থাকে তবে তারের কম্পাঙ্ক দৈর্ঘ্যের ব্যস্তানুসারে পরিবর্তিত হয়। অর্থাৎ $n \propto \frac{1}{l}$ যখন T ও m ধ্রুবক।

(2) টানের নিয়ম (Law of tension)—কোনও তারের কম্পাঙ্ক টানের বর্গমূলের সহিত সমানুপাতে পরিবর্তিত হয়; অর্থাৎ $n \propto \sqrt{T}$ যখন l ও m ধ্রুবক।

(3) ভরের নিয়ম (Law of mass)—কোনও তারের কম্পাঙ্ক ঐ তারের প্রতি একক দৈর্ঘ্যের ভরের বর্গমূলের সহিত ব্যস্তানুপাতে পরিবর্তিত হয়; অর্থাৎ $n \propto \frac{1}{\sqrt{m}}$ যখন l ও T ধ্রুবক।

উপরোক্ত নিয়ম কয়টিকে একত্রিত করিয়া যে সমীকরণ হয় তাহা নিম্নরূপ :

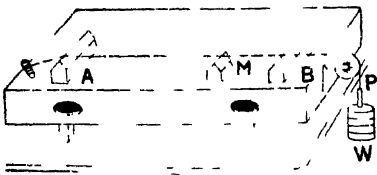
$$n = \frac{1}{2l}\sqrt{\frac{T}{m}}$$

n=তারের কম্পাঙ্ক, l=তারের দৈর্ঘ্য; T=তারের টান ও m=তারের প্রতি একক দৈর্ঘ্যের ভর।

প্রশ্ন ৬। সনোমিটার কাহাকে বলে? উহার সাহায্যে একটি সুরশলাকার কম্পাঙ্ক নির্ণয়ের পদ্ধতি বর্ণনা কর।

[What is a Sonometer? Describe how the frequency of a tuning fork may be determined with a Sonometer.]

উঃ। সনোমিটার :

13 নং চিত্রে একটি সনোমিটার দেখানো হইয়াছে। একটি সরু তারের একপ্রান্ত একটি খুঁটির (peg) সহিত দৃঢ়ভাবে আবদ্ধ। এই খুঁটিটি একটি আয়তাকার ফাঁপা কাঠের বাক্সের উপর আটকানো। তারের অপর প্রান্ত একটি কপিকল P-এর গা বাহিয়া গিয়াছে এবং এই প্রান্তে কিছু ভার W ঝুলানো। ইহাতে তারটি টান হইয়া থাকিবে। বাক্সের উপর রক্ষিত দুইটি স্থির (fixed) সেতু A ও B-র উপর দিয়া তারটি গিয়াছে। উহাদের মাঝে আর একটি সঞ্চরণশীল (movable) সেতু M আছে। উহাকে সরাইয়া তারের কম্পমান অংশ AM-এর দৈর্ঘ্য বদলানো যাইতে পারে।

চিত্র নং 13

নিম্নলিখিত উপায়ে সনোমিটারের সাহায্যে সুরশলাকার কম্পাঙ্ক নির্ণয় করা যায় :—

সনোমিটারের তারটি একটি সুবিধামত ভার দ্বারা টান কর। অতঃপর একটি পাতলা কাগজের ছোট টুকরা AM অংশের মধ্যস্থলে রাখ। এখন সুরশলাকাটি কম্পিত করিয়া উহার হাতল কাগজ টুকরাটির সামনে বাক্সের উপর চাপিয়া ধর। সুরশলাকার কম্পন তারে সঞ্চারিত হইবে এবং তারটি তির্যক কম্পনে কম্পিত হইবে। এখন M সেতুটি সরাইয়া AM দৈর্ঘ্য এমন কর যে সুরশলাকার কম্পনে তার কম্পিত হইলে কাগজ টুকরা ছিটকাইয়া পড়ে। AM অংশের যে-কোন দৈর্ঘ্যে এরূপ হইবে না—একটি নির্দিষ্ট দৈর্ঘ্যে হইবে। যখন এইরূপ অবস্থার উদ্ভব হইবে তখন বুঝিতে হইবে যে তারের ঐ অংশের কম্পানের সহিত সুরশলাকার কম্পনের মিল (unison) হইয়াছে। ঐ অংশের দৈর্ঘ্য স্কেল দ্বারা মাপিয়া রাখ।

অতঃপর ঐ তারের অনুরূপ আর একটুকরা তার লইয়া উহার দৈর্ঘ্য ও ভর নির্ণয় কর; উহা হইতে তারের প্রতি একক দৈর্ঘ্যে ভর জানা যাইবে। সুতরাং তারের দৈর্ঘ্য, টান ও একক দৈর্ঘ্যে ভর জানা থাকিলে তারের কম্পাঙ্ক ৫নং প্রশ্নে উল্লিখিত সমীকরণের সাহায্যে নির্ণয় করা যাইবে। ঐ কম্পাঙ্কই হইবে সুরশলাকার কম্পাঙ্ক।

****প্রশ্ন ৭। তারে তির্যক কম্পনের নিয়মগুলির উল্লেখ কর এবং উহাদের সত্যতা পরীক্ষামূলকভাবে কিরূপে নির্ধারণ করিবে বর্ণনা কর।**

[State the laws of transverse vibrations of a stretched string and describe how the laws can be experimentally verified]

[H. S. Exam., 1964]

উ.। তির্যক কম্পনের নিয়ম : ৫নং প্রশ্ন দ্রষ্টব্য।

নিয়মগুলির সত্যতা পরীক্ষা :

(1) দৈর্ঘ্যের নিয়ম পরীক্ষা : একটি সনোমিটার লইয়া উহার তারটি একটি সুবিধামত ভার দ্বারা টান কর। অতঃপর একটি পাতলা কাগজের

ছোট টুকরা (ভাঁজ করিয়া V আকার করিলে সুবিধা হইবে) AM অংশের (13 নং চিত্র) মধ্যস্থলে রাখ। এখন জানা কম্পাঙ্কের সুরশলাকা কম্পিত করিয়া উহার হাতল কাগজ টুকরার সামনে সনোমিটার বাক্সের উপর চাপিয়া ধর। সুরশলাকার কম্পন তারে সঞ্চারিত হইবে এবং তার তির্যক কম্পনে কম্পিত হইবে। এখন M সেতু সরাইয়া AM দৈর্ঘ্য এমন কর যে সুরশলাকার কম্পনে তার কম্পিত হইলে কাগজ টুকরা ছিটকাইয়া পড়ে। একটি বিষয় সর্বদা লক্ষ্য রাখিতে হইবে যে কাগজ টুকরা যেন সর্বদা AM তারের মধ্যস্থলে থাকে। AM অংশের যে-কোন দৈর্ঘ্যে টুকরাটি পড়িবে না ; একটি নির্দিষ্ট দৈর্ঘ্যে পড়িবে। যখন ইহা হইবে তখন বুঝিতে হইবে যে তারের ঐ অংশের কম্পন সুরশলাকার কম্পনের সহিত মিলিয়া গিয়াছে। ঐ অংশের দৈর্ঘ্য স্কেল দ্বারা মাপিয়া রাখ। জানা কম্পাঙ্কের তিন চারিটি সুরশলাকা লইয়া ঐরূপ পরীক্ষা কর এবং প্রত্যেক ক্ষেত্রে তারের দৈর্ঘ্য নির্ণয় কর।

মনে কর, সুরশলাকাগুলির কম্পাঙ্ক n_1, n_2, n_3 ইত্যাদি এবং উহাদের সহিত সুরের মিল হওয়া তারের দৈর্ঘ্যগুলি যথাক্রমে l_1, l_2, l_3 ইত্যাদি। দেখা যাইবে যে $n_1l_1=n_2l_2=n_3l_3$. ইহা প্রমাণ করে যে, 'T' এবং 'm' অপরিবর্তিত থাকিলে $n \propto \frac{1}{l}$.

(2) টানের নিয়ম পরীক্ষা :

এই পরীক্ষার জন্য সনোমিটারের তারের পাশে আর একটি তার আটকাইতে হইবে। প্রথমটিকে পরীক্ষাধীন তার (experimental wire) ও দ্বিতীয়টিকে নির্দেশক তার (reference wire) বলা যাইতে পারে। তার দুইটি সর্ববিষয়ে একরকম হইলে ভাল হয়।

পরীক্ষাধীন তারের একটি নির্দিষ্ট দৈর্ঘ্য ঠিক করিয়া লও এবং ভার T_1 উহার প্রান্তে ঝুলাও। নির্দেশক তারে যে-কোন ভার চাপাও। এখন নির্দেশক তারের সঞ্চরণশীল সেতু সরাইয়া নির্ণয় কর যে উহার কত দৈর্ঘ্যের সুর পরীক্ষাধীন তারের পূর্বোক্ত নির্দিষ্ট দৈর্ঘ্যের সুরের সহিত মিলিয়া

যায়। মনে কর, নির্দেশক তারের এই নির্ণীত দৈর্ঘ্য l_1. এখন পরীক্ষাধীন তারের ভার বদলাইয়া T_2 কর ; কিন্তু নির্দেশক তারের ভার ঠিক রাখিবে—উহা বদলাইবে না। পরীক্ষাধীন তারের টান পরিবর্তিত হইবার ফলে উহার পূর্বনির্দিষ্ট দৈর্ঘ্যের সুর বদলাইয়া যাইবে। পুনরায় নির্দেশক তারের সঞ্চরণশীল সেতু সরাইয়া l_2 দৈর্ঘ্য নির্ণয় কর, যাহার সুর পরীক্ষাধীন তারের পরিবর্তিত সুরের সহিত মিলিয়া যায়। এইরূপ পরীক্ষা করিলে দেখা যাইবে যে

$$\frac{l_2^2}{l_1^2}=\frac{T_1}{T_2}$$

কিন্তু নির্দেশক তারের টান অপরিবর্তিত থাকায় দৈর্ঘ্যের নিয়ম অনুযায়ী

$$\frac{n_1}{n_2}=\frac{l_2}{l_1}$$

[n_1 এবং n_2 হইল নির্দেশক তারের দুইবারের কম্পাঙ্ক, যেহেতু নির্দেশক তারের এবং পরীক্ষাধীন তারের কম্পাঙ্কের মিল করা হইয়াছিল, অতএব উহারা পরীক্ষাধীন তারেরও কম্পাঙ্ক।]

$$\text{কাজেই } \frac{n_1^2}{n_2^2}=\frac{T_1}{T_2} \text{ অথবা } n \propto \sqrt{T}$$

(3) ভরের নিয়ম পরীক্ষা : এই পরীক্ষার জন্য মোটা এবং সরু দুইটি তার লইতে হইবে। মোটা এবং সরু হওয়াতে উহাদের প্রতি একক দৈর্ঘ্যে ভর (অর্থাৎ 'm') আলাদা হইবে। ইহা ছাড়া নির্দেশক তারটি থাকিবে।

নির্দেশক তার এবং মোটা তার সনোমিটারে আটকাও। উহাদের সমান ভার দিয়া টান কর। পরীক্ষাধীন মোটা তারটির সঞ্চরণশীল সেতু একটি স্থানে ঠিক করিয়া রাখ—অর্থাৎ তারটির একটি নির্দিষ্ট দৈর্ঘ্য লওয়া হইল। এইবার নির্দেশক তারের সঞ্চরণশীল সেতু সরাইয়া এমন একটি দৈর্ঘ্য l_1 নির্ণয় কর যাহা পরীক্ষাধীন তারের উক্ত নির্দিষ্ট দৈর্ঘ্যের সুরের সহিত সমকম্পাঙ্ক-বিশিষ্ট হয়। অতঃপর মোটা তার সরাইয়া ঐ জায়গায় সরু তার আটকাও। ইহার টান আগের তারের মত কর এবং সঞ্চরণশীল সেতুকে পূর্ব-নির্দিষ্ট জায়গায় রাখ। অর্থাৎ মোটা এবং সরু দুইটি তারের একই দৈর্ঘ্য লওয়া হইল। কিন্তু তার সরু বলিয়া ইহার কম্পাঙ্ক আলাদা হইবে। পূর্বের

তার নির্দেশক তারের দৈর্ঘ্য l_2 নির্ণয় কর যাঁহার কম্পাঙ্ক সরু তারের উক্ত দৈর্ঘ্যের কম্পাঙ্কের সমান হয়।

সরু এবং মোটা তার দুইটির মোট দৈর্ঘ্য ও ওজন নির্ণয় কর এবং তাহা হইতে প্রতি একক দৈর্ঘ্যে ভর নির্ণয় কর। মনে কর, উহারা যথাক্রমে m_1 এবং m_2.

এখন পূর্বোক্ত পরীক্ষার ফলে দেখা যাইবে যে $\frac{l_1^2}{l_2^2}=\frac{m_1}{m_2}$

কিন্তু নির্দেশক তারের টান অপরিবর্তিত থাকায় প্রথম সূত্রানুযায়ী লেখা যাইতে পারে যে $\frac{n_1}{n_2}=\frac{l_2}{l_1}$ [n_1 এবং n_2 হইল নির্দেশক তারের দুইটি দৈর্ঘ্যের কম্পাঙ্ক ; যেহেতু পরীক্ষাধীন তার দুইটির কম্পাঙ্ক নির্দেশক তারের কম্পাঙ্কের সহিত মিল করা হইয়াছিল অতএব উহারা পরীক্ষাধীন তার দুইটিরও কম্পাঙ্ক।]

কাজেই $\frac{n_1^2}{n_2^2}=\frac{m_2}{m_1}$ অর্থাৎ $n \propto \frac{1}{\sqrt{m}}$

প্রশ্ন ৮। একটি সনোমিটার তার কম্পিত হইয়া মূলসুর উৎপন্ন করিতেছে। তারটির (i) টান, (ii) দৈর্ঘ্য, (iii) ব্যাস এবং (iv) ঘনত্ব পরিবর্তন করিলে সুরের কম্পাঙ্ক কিরূপ পরিবর্তিত হইবে ?

একটি কম্পমান সুরশলাকার হাতল সনোমিটার বোর্ডে চাপিয়া ধরা হইল। (a) সুরশলাকা হইতে তারে এবং (b) সুরশলাকা হইতে সনোমিটার বাক্সের বায়ুতে কিরূপে শক্তির সঞ্চালন হয় তাহা সংক্ষেপে বর্ণনা কর।

[A Sonometer string is made to vibrate its fundamental mode. State how its frequency will change with the change in (i) tension, (ii) length (iii) diameter and (iv) density of the material.] [H. S. (Comp.), 1963]

উঃ। তারের দৈর্ঘ্য ইত্যাদি অপরিবর্তিত থাকিলে মূলসুরের কম্পাঙ্ক (n) টানের বর্গমূলের ($\sqrt{T}$) সহিত সমানুপাতিক অর্থাৎ $n \propto \sqrt{T}$

· তারের টান এবং অন্যান্য উপাদান অপরিবর্তিত থাকিলে মূলসুরের কম্পাঙ্ক দৈর্ঘ্যের (l) সহিত ব্যস্তানুপাতে পরিবর্তিত হয় অর্থাৎ $n\propto\frac{1}{l}$

তারের টান ইত্যাদি অপরিবর্তিত থাকিলে মূলসুরের কম্পাঙ্ক তারের ব্যাসের (d) সহিত ব্যস্তানুপাতে পরিবর্তিত হয় অর্থাৎ $n\propto\frac{1}{d}$

তারের টান ইত্যাদি অপরিবর্তিত থাকিলে মূলসুরের কম্পাঙ্ক তারের উপাদানের ঘনত্বের বর্গমূলের ($\sqrt{\rho}$) সহিত ব্যস্তানুপাতে পরিবর্তিত হয়।

$$\text{অর্থাৎ}\; n\propto\frac{1}{\sqrt{\rho}}$$

দ্বিতীয়াংশঃ (a) কম্পমান সুরশলাকার হাতল সনোমিটার বোর্ডের উপর চাপিয়া ধরিলে, বোর্ড কাঁপিতে থাকে এবং ঐ কম্পন বোর্ডের সহিত যুক্ত তারে সঞ্চালিত হইয়া তারকেও কম্পিত করে। এইভাবে বোর্ডের মাধ্যমে সুরশলাকার শক্তি তারে সংবাহিত হয়।

(b) সনোমিটার বোর্ড ফাঁপা করা হয় এবং উহা বায়ু পূর্ণ থাকে। যখন সুরশলাকার কম্পনের সঙ্গে সঙ্গে বোর্ড কাঁপিতে থাকে, তখন সেই কম্পন বায়ুতেও সংবাহিত হয় এবং বায়ুও কম্পিত হইয়া অনুনাদ সৃষ্টি করে। ইহাতে শব্দের প্রাবল্য বৃদ্ধি পায়।

প্রশ্ন ৯। **দুইটি অবিকল একই ধরনের তার A ও B সনোমিটারের উপর প্রসারিত আছে। A তারের কম্পাঙ্ক B তারের কম্পাঙ্কের দ্বিগুণ করিবার দুইটি পদ্ধতি বর্ণনা কর ও তাহার কারণ বল।**

[Two exactly similar strings A and B of a Sonometer are stretched by weights. Describe two distinct arrangements by which the note given by A would have twice the frequency of the note given by B. Account for your arguments.]

উঃ। আমরা জানি যে কোন তারের তির্যক কম্পনের কম্পাঙ্ক তারের দৈর্ঘ্য, টান ও প্রতি একক দৈর্ঘ্যে ভরের উপর নির্ভরশীল। এক্ষেত্রে A ও B

তার দুইটি অবিকল একই ধরনের হওয়ায় উহার প্রতি একক দৈর্ঘ্যে ভরের পরিমাণ সমান। সুতরাং উহাদের কম্পাঙ্কের পরিবর্তন করিবার জন্য দৈর্ঘ্য ও টানের সাহায্য লইতে হইবে নিম্নোক্ত দুই উপায়ে A তারের কম্পাঙ্ক B-তার অপেক্ষা দ্বিগুণ করা যায় :—

(1) A ও B তারের ভার একই রাখিয়া উহাদের সঞ্চরণশীল সেতু দুইটি এমনভাবে স্থাপিত কর যে A তারের কম্পমান অংশের দৈর্ঘ্য B তারের দৈর্ঘ্যের অর্ধেক হয়। ইহাতে A তারের কম্পাঙ্ক B তার অপেক্ষা দ্বিগুণ হইবে, কারণ আমরা জানি যে টান ও ভর ঠিক থাকিলে কম্পাঙ্ক (n) দৈর্ঘ্যের ব্যস্তানুপাতে $\left(\frac{1}{l}\right)$ পরিবর্তিত হয়। A তারের দৈর্ঘ্য B তারের অর্ধেক হওয়ায় উহার কম্পাঙ্ক দ্বিগুণ হইবে।

(2) A ও B তারের সঞ্চরণশীল সেতু দুইটি এমনভাবে স্থাপিত কর যে উভয় তারের কম্পমান অংশের দৈর্ঘ্য এক হয় এখন A তারের ভার (W) B তার অপেক্ষা চার গুণ কর। মনে কর, B তারে 2 Kgm. ভার আছে ; A তারে 8 Kgm. ভার চাপাও। এ-অবস্থায় A তারের কম্পাঙ্ক B তার অপেক্ষা দ্বিগুণ হইবে ; কারণ আমরা জানি যে দৈর্ঘ্য ও ভর ঠিক থাকিলে কম্পাঙ্ক (n) টানের বর্গমূলের সহিত সমানুপাতে ($\sqrt{T}$) পরিবর্তিত হয়। যেহেতু A তারের টান B তার অপেক্ষা 4 গুণ (4-এর বর্গমূল 2) কাজেই উহার কম্পাঙ্ক B তার অপেক্ষা দ্বিগুণ।

প্রশ্ন ১০। তারের তির্যক কম্পনের সূত্রগুলি বর্ণনা কর। যখন কোন তার (a) মূলসুর এবং (b) প্রথম সমমেল উৎপন্ন করে তখন উহার কম্পনের যে পার্থক্য হয় তাহা চিত্র অঙ্কন করিয়া দেখাও।

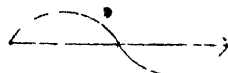
টানা দেওয়া একটি তার 'n' কম্পাঙ্কে কম্পিত হইতেছে। অন্যান্য বিষয় অপরিবর্তিত রাখিয়া উহার (i) দৈর্ঘ্য দ্বিগুণ করিলে, (ii) তারের ব্যাস দ্বিগুণ করিলে, কম্পাঙ্ক কিরূপ হইবে নির্ণয় কর।

[State the laws of transverse vibrations of strings. Show on a diagram how the vibrations of a string differ

when it is producing (a) the fundamental, (b) the first harmonic.

A string under tension vibrates with a frequency n. What will be the frequency if other factors remaining constant, (i) the length is doubled, (ii) the diameter is doubled ? [H. S. Exam., 1964]

উ: । প্রথমাংশ—৫নং প্রশ্ন দেখ।

দ্বিতীয়াংশ—(i) মূলস্বর উৎপন্ন হইবার সময় তারটি একযোগে উঠা-নামা করিয়া কম্পিত হয়। (ii) প্রথম সমমেল উৎপন্ন হইবার সময় তারটি দুই ভাগে বিভক্ত হইয়া কম্পিত হয়।

চিত্র নং 14

শেষাংশ: দৈর্ঘ্যের সূত্র হইতে আমরা জানি যে দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি করিলে কম্পাঙ্ক হ্রাস পায় অর্থাৎ $n \propto \frac{1}{l}$, কাজেই দৈর্ঘ্য দ্বিগুণ করিলে কম্পাঙ্ক অর্ধেক হইবে। (ii) কম্পমান তারের কম্পাঙ্ক তারের ব্যাসের সহিত ব্যস্তানুপাতিক ; অর্থাৎ $n \propto \frac{1}{d}$; সুতরাং ব্যাস দ্বিগুণ করিলে কম্পাঙ্ক অর্ধেক হইবে।

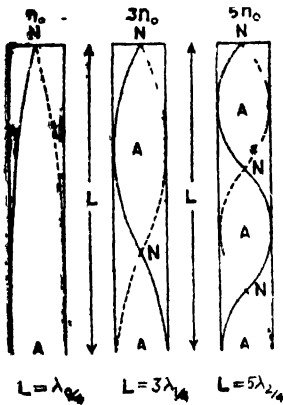
প্রশ্ন ১১। বদ্ধ নলে বায়ুস্তম্ভের কম্পনের প্রকৃতি আলোচনা কর এবং মূলস্বর ও সমমেলগুলির কম্পাঙ্কের সম্পর্ক নির্ণয় কর।

[Discuss the various modes of vibration of air column in a closed pipe and determine the relation between the fundamental and higher harmonic frequencies]

উ: । একটি টেস্ট-টিউবের খোলা মুখে ফুঁ দিলে শব্দ উৎপন্ন হয়। টেস্ট-টিউবে খানিকটা জল রাখিয়া ফুঁ দিলে তীক্ষ্ণতর শব্দ উৎপন্ন হইবে। এইরূপ কয়েকটি টেস্ট-টিউবে বিভিন্ন পরিমাণ জল লইয়া শব্দ উৎপন্ন করিলে বিভিন্ন

তীক্ষ্ণতাযুক্ত শব্দ সৃষ্টি হইবে। ইহা হইতে বোঝা যায় যে কোন নলের বায়ু স্তম্ভকে কম্পিত করিয়া শব্দ উৎপাদন করা যায় এবং ঐ শব্দের তীক্ষ্ণতা বায়ু-স্তম্ভের দৈর্ঘ্যের উপর নির্ভর করে। যে নলের একমুখ বন্ধ এবং একমুখ খোলা তাহাকে বন্ধ নল বলে।

যখন বন্ধনলের খোলা মুখে ফুঁ দেওয়া হয় তখন বায়ুস্তম্ভে ঘনীভবন ও তনূভবনের উৎপত্তি হয় এবং ঐগুলি নল বাহিয়া বন্ধমুখের দিকে অগ্রসর হয়। বন্ধমুখে উপস্থিত হইয়া দেওয়াল কর্তৃক প্রতিফলিত হইয়া ঐ তরঙ্গমালা পুনরায় খোলামুখের দিকে আসিতে থাকে; ইতিমধ্যে নূতন তরঙ্গ আবার নল বাহিয়া বন্ধ মুখের দিকে অগ্রসর হয়। এই দুই বিপরীত তরঙ্গ একে আর একের উপর পড়িয়া স্থাণুতরঙ্গের সৃষ্টি করে এবং শব্দের উৎপত্তি হয়।

চিত্র নং 14

নলের বন্ধমুখে বাধা থাকায় ঐ স্থানের বায়ুকণার স্পন্দনের কোন সুবিধা নাই এবং খোলা মুখে কোন বাধা না থাকায় স্পন্দনের সর্বাধিক সুবিধা থাকে এই কারণ বন্ধ নলে সর্বদা খোলামুখে সুস্পন্দবিন্দু এবং বন্ধমুখে নিস্পন্দ বিন্দু অবস্থিত থাকিবে। (চিত্র নং 14). এই অবস্থায় যে সুরের উৎপত্তি হইবে তাহাকে মূলসুর (fundamental) বলে

স্থাণুতরঙ্গের পর পর দুইটি নিস্পন্দ ও সুস্পন্দ বিন্দুর দৈর্ঘ্য তরঙ্গ-দৈর্ঘ্যের চারিভাগের একভাগ। এক্ষেত্রে নলের দৈর্ঘ্য l এবং তরঙ্গ-দৈর্ঘ্য λ_0 হইলে

$l=\frac{\lambda_0}{4}$ অতএব $\lambda_0=4l$.

মূলসুরের কম্পাঙ্ক n_0 ও শব্দের বেগ V ধরিলে আমরা জানি যে

$$V=n_0\lambda_0=n_0.4.l \qquad n_0=\frac{V}{4l}.$$

ইহাই বন্ধনলে সকল সম্ভাব্য সুরের মধ্যে খাদের সুর।

নলের মুখে আরো জোরে ফুঁ দিলে বিভিন্ন দৈর্ঘ্যের তরঙ্গ উৎপন্ন হইবে এবং চড়া স্বরের শব্দ সৃষ্টি হইবে। 14 নং চিত্রের দ্বিতীয় নলে প্রথম সমমেল (first harmonic) উৎপন্ন হইবার অবস্থা দেখানো হইয়াছে। পূর্বোক্ত নিস্পন্দ ও সুস্পন্দ বিন্দু ছাড়া নলের মধ্যে আরো একটি নিস্পন্দ ও সুস্পন্দ বিন্দুর আবির্ভাব হইবে। এক্ষেত্রে তরঙ্গ-দৈর্ঘ্য λ_1 ধরিলে $l=\frac{3\lambda_1}{4}$ অতএব $\lambda_1=\frac{4l}{3}$. প্রথম সমমেলের কম্পাঙ্ক n_1 হইলে $V=n_1\lambda_1=n_1\frac{4l}{3}$

$$\therefore \quad n_1=\frac{3V}{4l}=3n_0$$

অর্থাৎ প্রথম সমমেলের কম্পাঙ্ক মূলস্বরের তিনগুণ। এইভাবে প্রমাণ করা যাইতে পারে যে বদ্ধনলে যে সমমেলগুলি উৎপন্ন হইবে তাহাদের কম্পাঙ্ক মূলস্বর অপেক্ষা পাঁচ, সাতগুণ ইত্যাদি।

প্রশ্ন ১২। খোলা নলে বায়ুস্তম্ভের কম্পনের প্রকৃতি আলোচনা কর এবং মূলস্বর ও সমমেলগুলির কম্পাঙ্কের সম্পর্ক নির্ণয় কর।

[Discuss the various modes of vibration of air column in an open tube and determine the relation between the frequencies of fundamental and higher harmonics]

উঃ। দুমুখ খোলা নলকে খোলা নল বলে। এইরূপ নলেও যে-কোন মুখে ফুঁ দিলে ঘনীভবন ও তনুভবনযুক্ত তরঙ্গ নল বাহিয়া অপর মুখের দিকে অগ্রসর হয় এবং অপর খোলা মুখে চাপ হ্রাস হইলে হঠাৎ প্রসারিত হইবার সুযোগ পায়। ফলে তরঙ্গের কিছু অংশ মুক্ত বায়ুমণ্ডলে মিশিয়া যায় এবং অপর অংশ নলের ভিতর মূলতরঙ্গের বিপরীত দিকে অগ্রসর হয়। ইতিমধ্যে নূতন তরঙ্গ নলের ভিতর দিয়া অগ্রসর হইয়া আসে এবং এই তরঙ্গদ্বয় মিলিয়া নলের মধ্যে একটি স্থাণুতরঙ্গের সৃষ্টি করে।

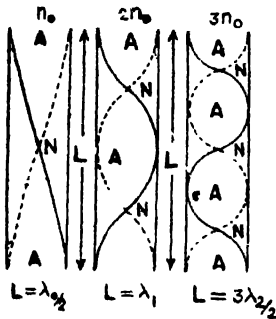
নলের দুই মুখ খোলা থাকায় দুই মুখেই বায়ুকণার স্পন্দনের সর্বাধিক সুবিধা থাকে। এইজন্য সর্বদা দুই মুখে দুইটি সুস্পন্দবিন্দুর উদ্ভব হইবে।

উহাদের মধ্যস্থলে একটি নিস্পন্দ বিন্দুর সৃষ্টি হইয়া মূলসুরের সৃষ্টি হইবে [.15 নং প্রথম চিত্র]।

স্থানুতরঙ্গে পর পর দুইটি নিস্পন্দ অথবা সুস্পন্দ বিন্দুর দূরত্ব তরঙ্গ-দৈর্ঘ্যের অর্ধেক। তরঙ্গ-দৈর্ঘ্য λ_0 হইলে এক্ষেত্রে $l=\frac{\lambda_0}{2}$ অথবা $\lambda_0=2l$. মূলসুরের কম্পাঙ্ক n_0 হইলে $V=n_0\lambda_0=n_0 2l$

কাজেই $n_0=\frac{V}{2l}$.

চিত্র নং 15

ইহাই হইবে খোলা নলে সকল সম্ভাব্য সুরের মধ্যে সর্বাপেক্ষা খাদের সুর।

ফুঁ জোরে দিলে খোলা নলে অন্যান্য চড়া সুরের শব্দ সৃষ্টি করা যাইবে। 15 নং চিত্রের দ্বিতীয় নলে প্রথম সমমেল উৎপন্ন হইবার অবস্থা দেখানো হইয়াছে। এক্ষেত্রে খোলা-মুখে দুইটি সুস্পন্দ বিন্দু ছাড়া মধ্যেও একটি সুস্পন্দ বিন্দুর উদ্ভব হইবে। এই অবস্থায় তরঙ্গ-দৈর্ঘ্য, λ_1 ধরিলে, $l=\lambda_1$. প্রথম সমমেলের কম্পাঙ্ক n_1 হইলে $V=n_1\lambda_1=n_1 l$.

$$\therefore \quad n_1=\frac{V}{l}=\frac{2V}{2l}=2n_0$$

অর্থাৎ প্রথম সমমেলের কম্পাঙ্ক মূলসুরের কম্পাঙ্কের দ্বিগুণ। 15 নং চিত্রের তৃতীয় নলে দ্বিতীয় সমমেলের অবস্থা দেখানো হইয়াছে। এস্থলে $\frac{3\lambda_2}{2}=l$ অথবা $\lambda_2=\frac{2l}{3}$. দ্বিতীয় সমমেলের কম্পাঙ্ক n_2 ধরিলে $V=n_2\lambda_2=n_2.\ \frac{2l}{3}$

$$\text{অতএব} \quad n_2=\frac{3V}{2l}=3n_0$$

অর্থাৎ দ্বিতীয় সমমেলের কম্পাঙ্ক মূলসুরের তিনগুণ। এইরূপে প্রমাণ করা যাইতে পারে যে খোলা নলে যে সমমেলগুলি উৎপন্ন হইবে তাহাদের কম্পাঙ্ক মূলসুরের কম্পাঙ্কের সর্বপ্রকার গুণিতকযুক্ত হইবে।

প্রশ্ন ১৩। স্থাণুতরঙ্গ কাহাকে বলে? খোলা অর্গান পাইপে স্থাণুতরঙ্গের উৎপত্তি কিরূপে হয়? নিস্পন্দ ও সুস্পন্দ বিন্দু কাহাকে বলে?

[What are stationary waves ? How are they formed in the case of an open organ pipe ? What do you understand by 'Nodes' and 'Antinodes' ?] [H. S. (Comp.), 1962]

উঃ। কোন সীমাবদ্ধ ও সমসত্ত্ব মাধ্যমে তির্যক অথবা অনুদৈর্ঘ্য তরঙ্গ সৃষ্টি করিলে ঐ তরঙ্গ মাধ্যমের দুই সীমা হইতে প্রতিফলিত হইয়া মূলতরঙ্গের বিপরীত দিকে অগ্রসর হয় এবং মূলতরঙ্গের উপর আপতিত হয়। মূলতরঙ্গ এবং প্রতিফলিত তরঙ্গ সর্ববিষয়ে সমান অথচ বিপরীতগামী বলিয়া উহাদের সমন্বয়ে একটি নতুন ধরনের তরঙ্গ সৃষ্টি হয়। এই নতুন তরঙ্গ সচল নয়, মাধ্যমের একই স্থানে পর্যায়ক্রমে একবার সৃষ্টি হয় এবং পরে বিলুপ্ত হয়। এই ধরনের তরঙ্গকে বলা হয় স্থাণুতরঙ্গ। যেমন, দুইপ্রান্তে আবদ্ধ টানা দেওয়া তারে তির্যক কম্পন সৃষ্টি করিলে দেখা যায় যে তারটি একযোগে উঠা-নামা করিতেছে এবং মাঝখানে একসময় টান্-টান্ হইতেছে। তারে উদ্ভূত এই তরঙ্গকে বলা হয় স্থাণুতরঙ্গ।

কোন সমসত্ত্ব মাধ্যমে স্থাণুতরঙ্গের উৎপত্তি হইলে দেখা যায় যে মাধ্যমের কয়েকটি নির্দিষ্ট বিন্দুতে কোনরূপ কম্পন বা স্পন্দন নাই। ঐ বিন্দুগুলিকে বলা হয় নিস্পন্দ বিন্দু। আবার, কতকগুলি নির্দিষ্ট বিন্দু পাওয়া যাইবে যেখানে কম্পন বা স্পন্দন সর্বাধিক। ঐ বিন্দুগুলিকে বলা হয় সুস্পন্দ বিন্দু।

খোলা অর্গান নলের নিম্নপ্রান্তে অনুদৈর্ঘ্য তরঙ্গ সৃষ্টি করিলে, সেই তরঙ্গশ্রেণী উপরের দিকে যাইয়া উপরের খোলা মুখে উপস্থিত হইয়া সহসা বাধামুক্ত হইবার ফলে তরঙ্গের এক অংশ প্রতিফলিত হয় এবং নল বরাবর নীচের দিকে অগ্রসর হইতে থাকে। অবশ্য প্রতিফলনের পর তরঙ্গের ঘনীভবন পরিবর্তিত হইয়া তনুভবন হয় এবং তনুভবন ঘনীভবনে পরিণত হয়। ইতিমধ্যে নল বরাবর আর একটি মূলতরঙ্গ আসিয়া উপস্থিত হইলে দুইটি তরঙ্গ পরস্পরের সহিত মিলিত হয় এবং স্থাণুতরঙ্গের উৎপত্তি করে। নলের দুই মুখ খোলা

থাকায় ঐ স্থানে বায়ুকণার স্পন্দনের সর্বাধিক সুবিধা থাকে বলিয়া দুই খোলামুখে সুস্পন্দ বিন্দুর উৎপত্তি হয় এবং মাঝখানে নিস্পন্দ বিন্দু উৎপন্ন হয়। এইভাবে খোলা নলে স্থাণুতরঙ্গের সৃষ্টি হয়।

প্রশ্ন ১৪। নিম্নলিখিত প্রশ্নগুলির কারণসহ উত্তর লেখ :—

(i) একই দৈর্ঘ্যের খোলা ও বন্ধ নলে মূলস্বরের কম্পাঙ্ক একটি হইতে অপরটি দ্বিগুণ হয় কেন ?

[Why is the frequency of the fundamental of an open tube double than that of the fundamental of a closed tube of equal length ? [**H. S. Exam., 1966**]

(ii) জোরে বায়ুপ্রবাহ চালাইলে খোলা নলে মূলস্বরের দ্বিগুণ কম্পাঙ্কযুক্ত শব্দ বাহির হয় কেন ?

[**Why an open pipe can be made to sound a note an octave higher than its fundamental by hard blowing ?**]

(iii) বন্ধ ও খোলা নল হইতে নির্গত শব্দের গুণ আলাদা কেন ?

[Why difference occurs in quality between notes produced by open and closed pipes ?]

উঃ (i) খোলা ও বন্ধনলে মূলস্বর উৎপন্ন হইবার অবস্থা বিবেচনা করিলে (১১ নং প্রশ্ন দ্রষ্টব্য) দেখা যায় যে বন্ধনলের মূলস্বরের কম্পাঙ্ক $n_0 = \frac{V}{4l}$ এবং খোলা নলে মূলস্বরের কম্পাঙ্ক $n_0 = \frac{V}{2l}$. সুতরাং দৈর্ঘ্য সমান হইলে খোলা নলে মূলস্বরের কম্পাঙ্ক বন্ধনল অপেক্ষা দ্বিগুণ হইবে।

(ii) খোলা নলে মূলস্বরের কম্পাঙ্ক $n_0 = \frac{V}{2l}$ এবং প্রথম সমমেলের কম্পাঙ্ক $n_1 = \frac{V}{l} = \frac{2V}{2l} = 2n_0$ (১১নং প্রশ্ন দ্রষ্টব্য)। কাজেই জোরে বায়ুপ্রবাহ পাঠাইয়া প্রথম সমমেল উৎপন্ন করিলে উহার কম্পাঙ্ক মূলস্বর অপেক্ষা দ্বিগুণ হইবে।

(iii) শব্দের গুণ নির্ভর করে শব্দে উপস্থিত উপস্বরের সংখ্যা দ্বারা। খোলা এবং বন্ধ নল আলোচনা করিবার সময় আমরা দেখিয়াছি (১১ নং এবং ১২ নং প্রশ্ন দ্রষ্টব্য) যে বন্ধনলে মূলস্বরের কেবলমাত্র অযুগ্ম উপস্বর (odd

harmonics)-গুলি পাওয়া যায় কিন্তু খোলা নলে মূলসুরে যুগ্ম ও অযুগ্ম সকল প্রকার গুণিতকযুক্ত উপস্বর পাওয়া যায়। সুতরাং খোলা নলের শব্দ জাতি হিসাবে বদ্ধনল অপেক্ষা অনেক উচু। এই কারণে দুমুখ খোলা বাঁশের বাঁশীর স্বর একমুখ বদ্ধ পিতলের বাঁশী অপেক্ষা অনেক মধুর।

প্রশ্ন ১৫। বায়ুস্তম্ভের কম্পন হইলে নিস্পন্দ ও সুস্পন্দ বিন্দু কাহাকে বলে? সম দৈর্ঘ্যের একটি খোলা এবং একটি বদ্ধ নল প্রত্যেকটিই মূলসুর উৎপন্ন করিতেছে। প্রত্যেকটির সুস্পন্দ ও নিস্পন্দ বিন্দুর অবস্থান চিত্র সহযোগে ব্যাখ্যা কর। ঐ দুই মূলসুরের কম্পাঙ্কের সম্পর্ক কি?

বদ্ধ নল কেবলমাত্র অযুগ্ম সমমেল কেন তৈরী করে তাহা ব্যাখ্যা কর।

What are nodes and antinodes in the vibration of an air column? An open pipe and a closed pipe of same length are each producing the fundamental note. Show on a diagram the positions of nodes and antinodes in each. What is the relation between the frequencies of these fundamentals?

Explain why a closed pipe produces only the odd harmonics.
[H. S (Comp), 1964]

উ.। **প্রথমাংশ**: ১৩ নং প্রশ্ন দ্রষ্টব্য।

দ্বিতীয়াংশ: ১১ এবং ১২ নং প্রশ্নের প্রথমাংশ দ্রষ্টব্য।

সম্পর্ক: ১৪ নং প্রশ্ন দ্রষ্টব্য।

শেষাংশ: ১১ নং প্রশ্ন দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ১৬। অনুনাদ কাহাকে বলে? অনুনাদী বায়ুস্তম্ভ দ্বারা শব্দের বেগ নির্ণয়ের পদ্ধতি বর্ণনা কর।

[What is meant by resonance?] [H S. (Comp.), 1965]

[Describe a method of measuring the velocity of sound in air by resonance air column.] [H S. (Comp), 1961, '64 (Comp.)]

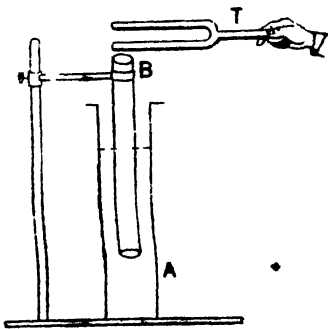
উঃ প্রত্যেক বস্তুই আঘাতপ্রাপ্ত হইলে নিজস্ব কম্পাঙ্কে কম্পিত হইতে থাকে। ইহাকে বস্তুর স্বাভাবিক কম্পন (natural vibration) বলে।

কোন বস্তু যে কোন পর্যাবৃত্ত বল প্রয়োগে কম্পিত হইতে থাকিলে উহাকে পরবশ কম্পন (forced vibration) বলে। প্রথম প্রথম বস্তু নিজস্ব কম্পাঙ্কে

কম্পিত হয় কিন্তু কয়েকবার অনিয়মিত আন্দোলনের পর প্রযুক্ত বলের কম্পাঙ্ক অনুসারে কম্পিত হয়।

যখন প্রযুক্ত পর্যাবৃত্ত বলের কম্পাঙ্ক বস্তুর স্বাভাবিক কম্পাঙ্কের সহিত মিলিয়া যায় তখন বস্তু প্রবলবেগে আন্দোলিত হইতে থাকে। এই ঘটনাকে অনুনাদ (resonance) বলে।

আমরা দেখিয়াছি যে কোন নলের বায়ুস্তম্ভ কম্পিত হইলে শব্দের উৎপত্তি হয় এবং উক্ত বায়ুস্তম্ভের কম্পাঙ্ক স্তম্ভের দৈর্ঘ্যের উপর নির্ভর করে এখন একটি কম্পিত সুরশলাকা যদি বায়ুস্তম্ভের খোলা মুখে ধরিয়া স্তম্ভের দৈর্ঘ্য এমন করা হয় যে সুরশলাকা কম্পাঙ্ক ও বায়ুস্তম্ভের কম্পাঙ্ক মিলিয়া গেল, তখন অনুনাদের সৃষ্টি হইবে এবং জোর শব্দ উৎপন্ন হইবে। এই ধরনের ব্যবস্থাকে অনুনাদী বায়ুস্তম্ভ বলা হইবে।

16 নং চিত্রে অনুনাদী বায়ুস্তম্ভ কর্তৃক শব্দের বেগ নির্ণয়ের ব্যবস্থা দেখানো হইয়াছে। প্রায় 5 cm. ব্যাসযুক্ত ও 35 cm. লম্বা দুমুখ খোলা কাচনল B লইয়া জলপূর্ণ কাচের জারে (jar) প্রবেশ করাও। B নলকে আংটা দিয়া আটকাইবার ব্যবস্থা কর। এই অবস্থায় B নলকে বদ্ধ নল বলা যাইতে পারে কারণ উহার তলার মুখ জল দ্বারা বদ্ধ। B নলকে উপরে বা নীচে নামাইলে নলের বায়ুস্তম্ভের দৈর্ঘ্য সহজে পরিবর্তিত হইবে। এখন একটি সুরশলাকাকে (T) কম্পিত করিয়া খোলা মুখের সামনে ধরিয়া B নলকে উঠা-নামা করাও এবং দেখ যে কখন শব্দ খুব জোর হয়। শব্দ জোর হইলে বুঝিতে হইবে অনুনাদ সৃষ্টি হইয়াছে এবং বায়ুস্তম্ভের ন্যূনতম দৈর্ঘ্যে এই অনুনাদ সৃষ্টি হইলে মূলসুর উৎপন্ন হইয়াছে বুঝিতে হইবে। এই অবস্থায় আমরা জানি $V=4ln$. সুতরাং সুরশলাকার কম্পাঙ্ক (n) এবং

চিত্র নং 16

বায়ুস্তম্ভের দৈর্ঘ্য (l) জানা থাকিলে সহজেই শব্দের বেগ (V) নির্ণয় করা যাইবে।

উপরোক্ত সমীকরণে একটু ত্রুটি থাকিয়া যায় কারণ পরীক্ষা করিয়া দেখা গিয়াছে যে কম্পমান বায়ুস্তম্ভ নলের খোলা মুখে আসিয়া শেষ হয় না ; একটু বাহির হইয়া থাকে। এই প্রান্তিক ত্রুটির (end-correction) পরিমাণ $0·6 \times$ নলের ব্যাসার্ধ। অর্থাৎ ত্রুটিবিহীন সমীকরণ হইবে $V = 4n(l + 0·6 \times r)$ যদি নলের ব্যাসার্ধ 'r' ধরা হয়।

অন্য এক উপায়ে প্রান্তিক ত্রুটি পরিহার করা হয়। প্রথম অনুনাদী দৈর্ঘ্য l_1 বাহির করিবার পর নলটিকে উপরে তোল যাহাতে বায়ুস্তম্ভের দৈর্ঘ্য পূর্বের দৈর্ঘ্যের প্রায় তিনগুণ হয়। এই অবস্থায় পুনরায় অনুনাদ শোনা যাইবে। ধর এই দৈর্ঘ্য l_2. বদ্ধ নলে বায়ুস্তম্ভের কম্পন হইতে আমরা জানি

$$\frac{\lambda}{4} = l_1 + 0·6r$$

এবং $$\frac{3\lambda}{4} = l_2 + 0·6r$$

$$\therefore \quad \frac{\lambda}{2} = l_2 - l_1 \quad \text{অথবা } \lambda = 2\,(l_2 - l_1)$$

অতএব $V = n\lambda = 2n(l_2 - l_1)$

এই সমীকরণে কোন প্রান্তিক ত্রুটি আসে না। কাজেই l_1 এবং l_2— এই দুই দৈর্ঘ্য নির্ণয় করিলে এবং 'n'-এর মান জানা থাকিলে উপরোক্ত সমীকরণ হইতে প্রান্তিক ত্রুটি পরিহার করিয়া শব্দের বেগ নির্ভুলভাবে নির্ণয় করা যাইবে।

অঙ্ক

1. একটি সাইরেনের চাকতি সেকেণ্ডে 10 বার পূর্ণ ঘুরিয়া আসিতে পারে। উহাতে কয়টি ছিদ্র থাকিলে উহা হইতে যে শব্দ নির্গত হইবে তাহার কম্পাঙ্ক 480 হইবে ?

[A siren disc can make 10 complete revolutions in a second. How many holes must it contain to emit a sound of frequency 480 ?]

উঃ। আমরা জানি কম্পাঙ্ক = ছিদ্র সংখ্যা × সেকেণ্ডে আবর্তন সংখ্যা

কাজেই, 480 = ছিদ্র সংখ্যা × 10

∴ ছিদ্র সংখ্যা = 48.

2. 200 ছিদ্রবিশিষ্ট একটি সাইরেনের চাকতি মিনিটে 132 বার পূর্ণ আবর্তন করিতে পারে। উহার শব্দের কম্পাঙ্ক একটি স্বরশলাকার কম্পাঙ্কের এক অষ্টক (octave) নিম্নে। স্বরশলাকার কম্পাঙ্ক কত?

[A siren, having 200 holes, can revolve 132 times in a minute The frequency of the emitted sound is one octave lower than that of a tuning fork. What is the frequency of the fork ?]

উঃ। প্রতি সেকেণ্ডে আবর্তন সংখ্যা $=\frac{132}{60}$

সুতরাং সাইরেন নিঃসৃত শব্দের কম্পাঙ্ক $=200\times\frac{132}{60}=440.$

যেহেতু এই কম্পাঙ্ক স্বরশলাকার কম্পাঙ্কের এক অষ্টক নিম্নে অর্থাৎ অর্ধেক, সুতরাং স্বরশলাকার কম্পাঙ্ক $=440\times2=880.$

3. 140 cm. দীর্ঘ ও 35 gm. ভরসম্পন্ন তারকে 16 Kgm. ভার দিয়া টান করিয়া রাখা আছে। উক্ত তারে তির্যক কম্পন সৃষ্টি করিলে কম্পাঙ্ক কত হইবে?

[A wire, 140 cm. long and weighing 35 gms. is stretched by a weight of 16 Kgm. What will be the frequency of transverse vibrations of the string ?]

উঃ। আমরা জানি $n=\frac{1}{2l}\sqrt{\frac{T}{m}}.$

এস্থলে $l=140$ cm. ; $m=\frac{35}{140}$ gms/cm ;

$T=16\times10^3\times980$ dynes.

কাজেই $n=\frac{1}{2\times140}\sqrt{\frac{16\times10^3\times980}{\frac{35}{140}}}$

$$=\frac{1}{2\times140}\sqrt{\frac{16\times10^3\times980\times140}{35}}$$

$$=\frac{4\times10^2\times14}{2\times140}\sqrt{\frac{70}{35}}=20\sqrt{2}=28 \text{ (প্রায়)}$$

4. একটি তারের দৈর্ঘ্য 100 cm. এবং প্রতি 1 cm. দৈর্ঘ্যের ভর 1 gm. উহার একপ্রান্তে 4×10^7 dynes বল প্রয়োগ করা হইলে উহার তির্যক কম্পনের কম্পাঙ্ক কত হইবে ?

[A wire, 100 cm. long and having 1 gm. mass for every 1 cm, of its length is pulled by a force of 4×10^7 dynes applied at one end. What will be the frequency of its transeverse vibrations ?]

উ: । $n=\frac{1}{2l}\sqrt{\frac{T}{m}}$

এস্থলে $l=100$ cm. ; $T=4\times10^7$ dynes , $m=1$ gm. per cm.

$$\therefore \quad n=\frac{1}{2\times100}\sqrt{\frac{4\times10^7}{1}}=31 \text{ (প্রায়)}$$

5. 25 cms. দীর্ঘ ও 2 Kgm. ভার দিয়া টান দেওয়া তারের তির্যক কম্পনের কম্পাঙ্ক কত ? ঐ তারের 1 metre দৈর্ঘ্যের ভর 49 gms.

[What is the frequency of a string 25 cm. long stretched by a weight of 2 Kgm. 1 metre of the wire weighs 49 gms.]

উ: । $n=\frac{1}{2l}\sqrt{\frac{T}{m}}$.

এস্থলে $l=25$ cms., $T=2\times10^3\times980$ dynes , $m=\frac{49}{100}$ gm /cm.

কাজেই, $$n=\frac{1}{2\times25}\cdot\sqrt{\frac{2\times10^3\times980}{\frac{49}{100}}}=\frac{10^3}{2\times25}\sqrt{\frac{2\times98}{49}}$$

$$=\frac{10^3}{2\times25}\times2=20\times2=40 \text{ (প্রায়)}$$

6. একটি তারের 36 cm. দৈর্ঘ্যের কম্পাঙ্ক 256-কম্পাঙ্কযুক্ত স্বরশলাকার সহিত সমস্বর (unison). ঐ তারের 40 cm. দৈর্ঘ্যের কম্পাঙ্ক একই অবস্থায় অন্য একটি স্বরশলাকার সহিত সমস্বর। দ্বিতীয় স্বরশলাকার কম্পাঙ্ক কত ?

[The frequency of a wire 35 cm long is in unison with that of a tuning fork having frequency 256. 40 cm. of the same wire under same condition is in unison with another fork. What is the frequency of the second fork ?]

উ: । আমরা জানি $n\propto\frac{1}{l}$ অর্থাৎ $n_1l_1=n_2l_2$

এস্থলে $n_1=256$; $l_1=36$; $l_2=40$ cm. ; $n_2=$?

কাজেই, $256\times 36=n_2\times 40$

$$\therefore \quad n_2=\frac{256\times 36}{40}=230.4=230 \text{ (প্রায়)}$$

7. 30 cm. দীর্ঘ একটি তার 4 Kilogm, ভার দ্বারা টান করা থাকিলে 280 কম্পাঙ্কে কম্পিত হয়। ঐ তার হইতে 320 কম্পাঙ্কের সুর সৃষ্টি করিতে (a) দৈর্ঘ্যের কি পরিবর্তন করিতে হইবে (টান ঠিক রাখিয়া), (b) টানের কি পরিবর্তন করিতে হইবে (দৈর্ঘ্য ঠিক রাখিয়া) ?

[A wire 30 cm. long when stretched by a weight of 4 Kilogm vibrates transversely with frequency 280. To produce a frequency of 320 from the same wire (i) what change in the length will be required, keeping tension unaltered, (ii) what change in the tension will be required keeping the length unaltered ?]

উঃ। আমরা জানি টান ঠিক থাকিলে $n\propto\frac{1}{l}$ অর্থাৎ $n_1l_1=n_2l_2$

(a) এক্ষেত্রে $n_1=280$; $l_1=30$ cm. ; $n_2=320$; $l_2=$?

কাজেই $280\times 30=320\times l_2$

$$\therefore \quad l_2=\frac{280\times 30}{320}=26.25 \text{ cm.}$$

সুতরাং দৈর্ঘ্য $(30-26.25)=3.75$ cm. কমাইতে হইবে।

(b) দৈর্ঘ্য ঠিক থাকিলে আমরা জানি $n\propto\sqrt{T}$ অর্থাৎ $\frac{n_1}{\sqrt{T_1}}=\frac{n_2}{\sqrt{T_2}}$

এক্ষেত্রে $n_1=280$; $T_1=4$ Kilogm. ; $n_2=320$; $T=$?

কাজেই $\frac{280}{\sqrt{4}}=\frac{320}{\sqrt{T_2}}$. $\therefore \quad \sqrt{T_2}=\frac{320\times 2}{280}=\frac{16}{7}$

$\therefore \quad T_2=5.224$ Kgm.

সুতরাং ভার $(5.224-4)=1.224$ Kgm. বাড়াইতে হইবে।

8. 256 কম্পাঙ্কবিশিষ্ট একটি সুরশলাকাকে একটি বদ্ধ নলের খোলা মুখে ধরিলে উহা হইতে মূলসুর নির্গত হয়। শব্দের বেগ 1120 ft./sec. হইলে দৈর্ঘ্য কত ?

[When a tuning fork, having freequency 256, is held over the open end of a closed tube, the tube emitted its fundamental note. If the velocity of sound be 1120 ft/sec. what is the length of the tube ?]

উঃ। বন্ধনলে মূলসুর উৎপন্ন হইলে, আমরা জানি $n_0 = \frac{V}{4l}$

$$\therefore \quad l = \frac{V}{4n_0} = \frac{1120}{4 \times 256} \text{ft.} = \frac{1120 \times 12}{4 \times 256} \text{ inches} = 13{\cdot}125 \text{ inches.}$$

9. 50 cm. দীর্ঘ একটি তার সেকেণ্ডে 100 বার আন্দোলিত হয়। যদি উহার দৈর্ঘ্য 30 cm. করা হয় এবং টান চার গুণ বৃদ্ধি করা যায় তবে ঐ তারের কম্পাঙ্ক কত হইবে।

[A wire 50 cm. long vibrates 100 times in a second. If its length is made 30 cm. and the tension quadrupled, what will be its frequency ?]

উঃ। আমরা জানি $n \propto \frac{\sqrt{T}}{l}$ অর্থাৎ $\frac{n_1 l_1}{\sqrt{T_1}} = \frac{n_2 l_2}{\sqrt{T_2}}$

এক্ষেত্রে $n_1 = 100$, $l_1 = 50$ cm ; $T_1 = T_1$ (ধর), $l_2 = 30$ cm.

$T_2 = 4T_1$, $n_2 = ?$

কাজেই, $\frac{100 \times 50}{\sqrt{T_1}} = \frac{n_2 \times 30}{\sqrt{4T_1}} = \frac{n_2 \times 3}{2\sqrt{T_1}}$

$$\therefore \quad n_2 = \frac{100 \times 50 \times 2}{30} = 333{\cdot}33 = 333 \text{ (প্রায়)}$$

10 একটি 500 কম্পাঙ্কবিশিষ্ট সুরশলাকাকে কম্পমান অবস্থায় বন্ধনলের খোলামুখের সম্মুখে রাখিয়া দেখা গেল যে বায়ুস্তম্ভের দৈর্ঘ্য 15 cm. কিংবা 49 cm. হইলে অনুনাদ উৎপন্ন হয়। বায়ুতে শব্দের বেগ কত ?

[A tuning fork of frequency 500 when held over the open end of a closed tube produces resonance with an air column of length 15 cm. or 49 cm. What is the velocity of sound in air ?]

উঃ। আমরা জানি $V = 2n(l_2 - l_1)$

এস্থলে $n = 500$; $l_2 = 49$ cm , $l_1 = 15$ cm. ; $V = ?$

কাজেই, $V = 2 \times 500(49 - 15)$

$= 2 \times 500 \times 34$ cm /sec.

$= 340$ metres/sec.

অনুশীলনী

1. একটি সাইরেনের চাকতিতে 64 ছিদ্র আছে এবং উহাকে প্রতি মিনিটে 240 বার বেগে ঘুরানো হইতেছে। উৎপন্ন শব্দের কম্পাঙ্ক কত হইবে ?

[A siren, having 64 holes on its disc, is revolved 240 times in a minute. What will be the frequency of the emitted sound ?]

[উঃ 256]

2. একটি সাইরেনের চাকতিতে 32 ছিদ্র আছে। উহাকে প্রতি মিনিটে কত বার করিয়া ঘুরাইলে নিঃসৃত শব্দ 512 কম্পাঙ্কযুক্ত স্বরশলাকার সমস্বর হইবে ?

A siren has 32 holes on its disc. How many revolutions per minute must it perform in order to emit a sound in unison with that of a tuning fork of frequency 512 ?] [উ: 960]

3. একটি সাইরেন চাকতি 32 ছিদ্রবিশিষ্ট। উহাকে প্রতি মিনিটে কত বার ঘুরাইলে নিঃসৃত শব্দ 256 কম্পাঙ্কের এক অষ্টক নিম্ন হইবে ?

[A siren has 32 holes on its disc. How many revolutions per minute must it perform to emit a sound one octave lower than that of a tuning fork of frequency 256 ?] [উ: 240]

4. 40 ছিদ্রযুক্ত একটি সাইরেনের চাকতিকে প্রতি সেকেণ্ডে কতবার ঘুরাইলে 512 কম্পাঙ্কযুক্ত শব্দ নির্গত হইবে ?

[How many times in a second should a siren, having 40 holes on its disc, be made to revolve to emit a sound of frequency 512 ?] [উ: 13]

5. যদি 25 cm. দীর্ঘ একটি বেহালার তার মূলস্বর উৎপন্ন করে তবে ঐ স্বরের এক অষ্টক ঊর্ধ্বের স্বর উৎপন্ন করিতে ঐ তারের দৈর্ঘ্য কত হইবে ?

[If the fundamental be emitted by a length of 24 cm. of a wire of a violin, what length of the same wire will emit the next octave ?] [H. S. Exam., 1960] [উ: 12 cm.]

6. 32 gms. ভরসম্পন্ন ও 100 cm. দীর্ঘ একটি তারকে 16 kgm. ভার দিয়া টান করিয়া রাখা আছে। ঐ তারে তির্যক কম্পনে যে মূলস্বর উৎপন্ন হইবে তাহার কম্পাঙ্ক নির্ণয় কর।

($g=980$ cm/sec^2)

[A wire of mass 32 gms. and of length 100 cm. is stretched by a weight of 16 Kgms Find the frequency of the fundamental of the transverse vibration of the string.] [উ: 35]

7. একটি নির্দিষ্ট দৈর্ঘ্যের কোন তারকে 48 lb. wt. বলে টানিয়া রাখিলে উহার কম্পাঙ্ক 256 হয়। ঐ তারের কম্পাঙ্ক 320 করিতে কত বল দ্বারা টান দিতে হইবে ?

[A wire of certain length has frequency 256, when stretched by a force of 48 lb-wt. What tension is required to produce a frequency 320 ?] [উ: 75 lb-wt.]

8. একটি তারের কম্পাঙ্ক 250. যখন উহার দৈর্ঘ্য 30 cm. কমানো হইল তখন উহার কম্পাঙ্ক 400 হইল। উহার পূর্বের দৈর্ঘ্য কত ছিল ?

[The frequency of wire is 250. When its length is decreased by 30 cm. its frequency becomes 400. What was its previous length ?] [উঃ 80 cm.]

9. সনোমিটারের একটি তারের কম্পাঙ্ক 100. উহার দৈর্ঘ্য দ্বিগুণ করা হইল এবং টান এমনভাবে বদলানো হইল যে কম্পাঙ্ক 150 হইল। পূর্বের টানের সহিত পরের টানের অনুপাত নির্ণয় কর।

[A sonometer wire has frequency 100. Its length is doubled and tension so altered that its frequency becomes 150. What is the ratio of the previous tension to the present ? [উঃ 1 : 9]

10. একটি সনোমিটার তার 200 gm. wt. বলে টান করা আছে। ইহার মধ্যস্থলে টানিয়া ছাড়িয়া দিলে প্রতি সেকেণ্ডে 100 বার কম্পিত হয়। (i) যখন টান দেওয়া বল 800 gms. wt. করা হইল এবং (ii) তারের দৈর্ঘ্য অর্ধেক করা হইল, তখন কম্পাঙ্ক কত হইবে নির্ণয় কর।

[A sonometer wire is stretched with a force of 200 gms-wt. It is made to vibrate by plucking it aside at its centre. It vibrates 100 times a second. Calculate the no. of vibrations per sec. when (i) the force is increased to 800 gms wt., (ii) the length of the string is halved.] [উঃ (i) 200 (ii) 200]

11. দুইটি একই ধরনের তার সমস্বরে (unison) আছে। একটির দৈর্ঘ্য 36 in. ও টান 100 lbs. অপরটির টান 220 lbs. হইলে উহার দৈর্ঘ্য কত ? যদি দ্বিতীয় তারের দৈর্ঘ্য 45 inches করা হয় তবে উহার টান কিরূপ বদলাইলে পুনরায় উভয়ে সমস্বরে থাকিবে ?

[Two indentical wires are in unison. The length of one is 36 inches and tension is 100 lbs. If the tension of the second is 220 lbs, what will be its length ? If the length of the second wire be made 45 inches, what should be the tension in order to produce unison again ?] [উঃ 53 4 inches , 156·25 lbs]

12. 25 cm. দীর্ঘ ও 0·25 gm. ভরযুক্ত একটি তারের কম্পাঙ্ক 200. উহার টান gm. wt.-এ নির্ণয় কর। ($g=980$ cm./sec^2)

[A wire, 25 cm. long and of mass 0·25 gm. has a frequency 200. Calculate its tension in gm-wt. , $g=980$ cm/sec^2]. [উঃ 1·04]

13. একটি তারকে 4 kgm. ভার টান করিয়া রাখিলে কম্পাঙ্ক 256 হয়। কত ভার চাপাইলে উহার কম্পাঙ্ক পূর্বের কম্পাঙ্কের এক অষ্টক উচ্চে হইবে ?

[A wire when stretched by a weight of 4 Kgm has frequency 256. What weight will raise its frequency one octave higher ?]

[উঃ 16 Kgm.]

14. একটি কম্পমান সুরশলাকাকে বদ্ধনলের খোলামুখের সম্মুখে রাখিয়া দেখা গেল যে বায়ুস্তম্ভের দৈর্ঘ্য 27 cm. ও 82 cm. হইলে দুইবার অনুনাদ সৃষ্টি হয়। সুরশলাকার কম্পাঙ্ক 300 হইলে বায়ুতে শব্দের বেগ কত ?

[A vibrating tuning fork when held over the open end of a closed tube produces resonance with an air-column of lengths 27 cm. or 82 cm. If the frequency of the tuning fork is 300, find the velocity of sound in air. [উঃ 330 metres/sec.]

15. একটি বদ্ধ নলের বায়ুস্তম্ভের দৈর্ঘ্য 6'5 inches হইলে উহা 512 কম্পাঙ্কযুক্ত সুরশলাকার সহিত সমসুরে থাকে। নলটির ব্যাস 0 5 inch হইলে শব্দের বেগ নির্ণয় কর।

[If the air-column in a closed tube is of length 6'5 inches, it is in unison with a fork of frequency 512. If the diameter of the tube is 0'5 inch, find the velocity of sound.]

[উঃ 1131'6 ft/sec]

16. একটি কম্পমান সুরশলাকাকে বদ্ধনলের খোলামুখের সম্মুখে রাখিয়া 16'4 inches এবং 49'6 inches দৈর্ঘ্যে অনুনাদ পাওয়া গেল। বায়ুতে শব্দের বেগ 1120 ft./sec. হইলে সুরশলাকার কম্পাঙ্ক কত ?

[A tuning fork when held over the open end of a closed tube gave resonance with air columns of lengths 16'4 inches and 49'6 inches. If the velocity of sound in air is 1120 ft/sec. what is the frequency of the fork ?] [উঃ 202]

17. 32 ছিদ্রযুক্ত একটি সাইরেন চাকতি মিনিটে 1125 বার ঘুরিতে পারে। কত দৈর্ঘ্যযুক্ত বদ্ধনলের মূলসুরের সহিত সাইরেনের শব্দ সমসুর হইবে ? শব্দের গতিবেগ = 1120 ft./sec.

[A siren, with 32 holes on its disc, is capable of rotating 1125 times in a minute. What length of air-column in a closed tube will produce fundamental tone in unison with the sound of the siren ?] [উঃ 5'6 inches]

18. 10 inches গভীর একটি কাচের জারের মুখে একটি কম্পমান স্বরশলাকা ধরা হইল। জারে কত জল ঢালিলে অনুনাদ সৃষ্টি হইবে? শব্দের বেগ=1100 ft./sec. ও স্বরশলাকার কম্পাঙ্ক=440.

[A vibrating tuning fork is held over a glass jar 10 inches deep. How much water is to be poured to produce resonance?]

[উঃ 2·5 inches]

19. 100 cm. দীর্ঘ একটি খোলা নলের মূলস্বর 200 cm. দীর্ঘ এবং 1 gm./cm. ভরসম্পন্ন একটি সনোমিটার তারের সহিত সমস্বরে আছে। তারটির টান কত? (শব্দের বায়ুতে বেগ=332 metres/sec.)

[The fundamental of an open tube, 100 cm. long is in unison with a wire 200 cm. long and having mass per unit length 1 gm/cm. What is the tension of the wire? Vel. of sound in air=332 metres/sec.]

[উঃ 4499 kgm.-wt প্রায়]

20. একটি বন্ধ ও একটি খোলা নলের মূলস্বরের কম্পাঙ্কদ্বয়ের অন্তরফল (difference) 25. খোলা নলের দৈর্ঘ্য 96 cms. হইলে বন্ধ নলের দৈর্ঘ্য নির্ণয় কর। শব্দের বায়ুতে বেগ 330 metres/sec.

[The difference between the frequencies of fundamental tones produced by an open and closed tube is 25. If the length of the open tube is 96 cm., find that of the closed. Vel. of sound in air=330 metres/sec.]

[উঃ 41·9 cms. অথবা 56·2 cms.]

চুম্বক-বিজ্ঞান

প্রথম পরিচ্ছেদ

চুম্বকের সাধারণ ধর্ম ও চৌম্বকতত্ত্ব

প্রশ্ন ১। প্রাকৃতিক চুম্বক ও কৃত্রিম চুম্বকে পার্থক্য কি? চুম্বক, চৌম্বক (magnetic) ও অচৌম্বক পদার্থের ভিতর পার্থক্য বুঝাইয়া দাও।

[Distinguish between natural and artificial magnets. Explain clearly the difference between a magnet, a magnetic substance and a non-magnetic substance.]

[cf. H. S. (Comp.), 1960, '62]

অথবা,

চৌম্বক ধর্মের দিক হইতে এক টুকরা পিতল, এক টুকরা কাঁচা লোহা ও একখণ্ড loadstone-এর ভিতর তফাত কি?

[What is the exact difference magnetically speaking, between a piece of brass, a piece of soft iron and a piece of loadstone?]

উঃ। বহু বৎসর আগে পৃথিবীর অনেক জায়গায়—বিশেষতঃ এশিয়া মাইনরের ম্যাগনেশিয়া অঞ্চলে—কালো রংয়ের লৌহঘটিত একপ্রকার আকরিক দ্রব্য আবিষ্কৃত হইয়াছিল যাহা লোহাকে নিজের দিকে আকর্ষণ করিতে পারিত এবং ঝুলাইয়া রাখিলে এক বিশেষ দিকে মুখ করিয়া থাকিত। আকরিক দ্রব্য বলিয়া উহাকে প্রাকৃতিক চুম্বক বলা হয়।

কয়েকটি বিশেষ প্রক্রিয়ার সাহায্যে কিছু কিছু ধাতব পদার্থকে, যেমন—লৌহ, ইস্পাত, নিকেল ইত্যাদি—চুম্বকে পরিণত করা যায়। এই ধরনের চুম্বককে কৃত্রিম চুম্বক বলে। প্রাকৃতিক চুম্বকের বিশেষ কোন আকার নাই এবং চুম্বকত্ব খুব শক্তিশালী নয়; কিন্তু কৃত্রিম চুম্বকের চুম্বকত্ব ইচ্ছামত শক্তিশালী করা যায় এবং ইহারা বিভিন্ন আকারের হইতে পারে।

যে পদার্থের লোহা, ইস্পাত প্রভৃতি বস্তুকে আকর্ষণ করিবার ক্ষমতা থাকে এবং ঝুলাইয়া দিলে একটি বিশেষ দিকে মুখ করিয়া থাকে তাহাদের চুম্বক বলা হয়। Loadstone একটি চুম্বক; কারণ উহার উপরোক্ত ধর্ম বর্তমান।

যে সমস্ত দ্রব্য চুম্বক দ্বারা আকৃষ্ট হয় এবং বিভিন্ন চুম্বকন প্রণালীদ্বারা কৃত্রিম উপায়ে চুম্বকে পরিণত করা যায় তাহাদের চৌম্বক পদার্থ বলা হয়। এক টুকরা কাঁচা লোহা চৌম্বক পদার্থ। তেমনি ইস্পাত, নিকেল প্রভৃতিও চৌম্বক পদার্থ।

যে সমস্ত পদার্থ চুম্বকদ্বারা প্রভাবিত হয় না বা কৃত্রিম উপায়ে চুম্বকে পরিণত করা যায় না তাহাদের অচৌম্বক পদার্থ বলে, এক টুকরা পিতল অচৌম্বক পদার্থ। তেমনি, কাঠ, কাগজ, কাচ, চামড়া ইত্যাদি অচৌম্বক পদার্থ। প্রকৃতপক্ষে চৌম্বক পদার্থের সংখ্যা খুব কম, অচৌম্বক পদার্থই বেশী।

চুম্বক পদার্থের দুইটি মেরু থাকে, ঝুলাইয়া রাখিলে সর্বদা একটি মেরু উত্তর-মুখী অন্যটি দক্ষিণ মুখী হইয়া থাকবে। Loadstone-এর বেলাতে ইহাই হয়। কিন্তু চৌম্বক বা অচৌম্বক পদার্থের বেলাতে এরূপ হয় না।

**প্রশ্ন ২। নিম্নলিখিত রাশিগুলির সংজ্ঞা লিখ:—

(i) মেরু (pole), (ii) চৌম্বক অক্ষ (magnetic axis), (iii) নিরপেক্ষ রেখা (neutral line), (iv) কার্যকর দৈর্ঘ্য (effective length) ও (v) মধ্যরেখা (meridian line)

'বিকর্ষণ চুম্বকত্বের প্রকৃষ্ট প্রমাণ'—এই উক্তির ব্যাখ্যা কর।

['Repulsion is the surer test of magnetism'—Explain this statement.]

উঃ। মেরু—একটি চুম্বকের দুই প্রান্তে যে স্থানে আকর্ষণী ক্ষমতা সর্বাপেক্ষা বেশী তাহাদের মেরু বলে। মেরুকে বিন্দুবৎ কল্পনা করা হয়; প্রকৃতপক্ষে ইহারা বিন্দু নয়—ইহারা স্বল্প-পরিসর স্থান অধিকার করিয়া থাকে। তাছাড়া মেরুদ্বয় চুম্বকখণ্ডের ঠিক প্রান্তে অবস্থিত নয়—প্রান্তের কাছাকাছি অবস্থিত।

চৌম্বক অক্ষ : কোন চুম্বকের মেরুদ্বয়কে যোগ করিলে যে সরলরেখা পাওয়া যায় তাহাকে চৌম্বক অক্ষ বলে।

নিরপেক্ষ রেখা : চৌম্বক অক্ষের মধ্যবিন্দু হইতে অক্ষের উপর অভিলম্ব টানিলে যে সরলরেখা পাওয়া যায় তাহাকে নিরপেক্ষ রেখা বলে।

কার্যকর দৈর্ঘ্য : কোন চুম্বকের মেরুদ্বয়ের ভিতরের দূরত্বকে চুম্বকের কার্যকর দূরত্ব বলা হয়। যেহেতু মেরুদ্বয় চুম্বকের ঠিক প্রান্তে অবস্থিত নয় কাজেই কার্যকর দৈর্ঘ্য চুম্বকের প্রকৃত দৈর্ঘ্য অপেক্ষা কিছু ছোট।

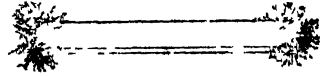
মধ্যরেখা : একটি চুম্বককে বাধাহীনভাবে ঝুলাইলে সাম্য অবস্থায় উহার চৌম্বক অক্ষ যে রেখায় থাকিবে তাহাকে মধ্যরেখা বলে। ঐ রেখার মধ্য দিয়া একটি উল্লম্ব তল কল্পনা করিলে ঐ তলকে চৌম্বক মধ্যতল (meridian plane) বলা যাইবে।

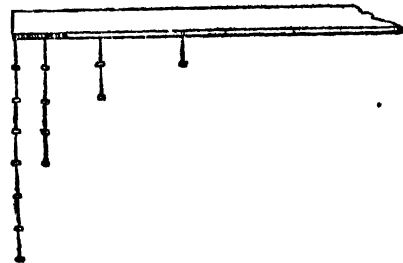
একটি পদার্থ চুম্বক কি না বুঝিতে হইলে বিকর্ষণ ক্রিয়া লক্ষ্য করাই প্রকৃষ্ট পন্থা। ধর, পদার্থটির একপ্রান্ত কোন চুম্বকের একটি মেরুর নিকট লইলে আকর্ষণ দেখা গেল। ইহা হইতেই বলা যাইবে না যে পদার্থটি চুম্বক। কারণ আকর্ষণ চুম্বকে-চুম্বকে ছাড়া চুম্বকে-চৌম্বক পদার্থেও হয়। কাজেই উহা চৌম্বক পদার্থও হইতে পারে। কিন্তু আকর্ষণের পরিবর্তে যদি বিকর্ষণ দেখা যায় তবে নিশ্চিত বলা যায় যে পরীক্ষাধীন বস্তুটি একটি চুম্বক। কারণ বিকর্ষণ শুধু চুম্বকে-চুম্বকে হয়—অন্য কিছুতে হয় না। এইজন্য বলা হয় বিকর্ষণ চুম্বকত্বের প্রকৃষ্ট প্রমাণ।

***প্রশ্ন ৩। "চুম্বকের দুইটি মেরু আছে এবং উহারা পরস্পর হইতে ভিন্ন"— এই উক্তির ব্যাখ্যার জন্য উপযুক্ত পরীক্ষা বর্ণনা কর। চুম্বক মেরুদ্বয়ের পারস্পরিক ক্রিয়া সংক্রান্ত সূত্র বর্ণনা কর।**

[Describe experiments to show what is meant by saying that a magnet has two poles and that those poles differ from each other. [cf H. S. (Comp.), 1962] State the law relating to the action of magnetic poles on each other.]

উঃ। নিম্নলিখিত পরীক্ষার সাহায্যে বলা যায় যে প্রত্যেক চুম্বকের দুইটি মেরু আছে :—

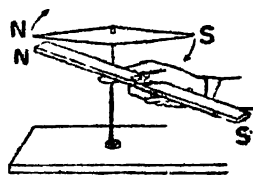
(i) একটি দণ্ড-চুম্বক লইয়া কিছু লোহা-চুরে (iron filings) ডুবাও। দেখিবে দণ্ডের সর্বত্র লোহাচুর সমানভাবে আটকায় নাই। দণ্ডের প্রান্তের কাছাকাছি দুই জায়গায় বেশী পরিমাণ আটকাইয়াছে এবং মধ্যস্থলে কিছুই আটকায় নাই (17নং চিত্র)। ছুঁচের ন্যায় সরু ও লম্বা চুম্বক লইলে দেখা যাইবে যে আকর্ষণী শক্তি প্রায় দুই প্রান্তের কাছাকাছি দুই বিন্দুতে সীমাবদ্ধ। এই দুই বিন্দুই চুম্বকের মেরু।

চিত্র নং 17

(ii) কিছু ছোট কাঁচা লোহার পেরেক একটি দণ্ড-চুম্বকের গায়ে লাগাইলে দেখা যাইবে যে বেশী সংখ্যক পেরেক শিকলের ন্যায় দণ্ডের প্রান্ত হইতে ঝুলানো যাইতেছে কিন্তু যতই দণ্ডের মাঝখানে আসা যাইবে ততই পেরেকের সংখ্যা কমিয়া যাইবে (18 নং চিত্র)। ইহা হইতে প্রমাণ হয় যে প্রান্তের ঐ স্থানে আকর্ষণী শক্তি সর্বাপেক্ষা প্রবল। ঐ বিন্দুকেই মেরু বলা হয়।

চিত্র নং 18

নিম্নলিখিত পরীক্ষা হইতে বোঝা যায় চুম্বকের দুইটি মেরু পরস্পর হইতে ভিন্ন :—

(i) অনুভূমিক অবস্থায় এবং বাধাহীনভাবে একটি চুম্বককে সুতা দিয়া ঝুলাও। কিছুক্ষণ দুলিবার পর স্থির হইলে দেখা যাইবে যে উহা উত্তর-দক্ষিণ মুখ করিয়া আছে। উহাকে নাড়াইয়া দাও। উহা পুনরায় স্থিরাবস্থায় উত্তর-দক্ষিণমুখী হইবে। এখন উত্তর দিকের প্রান্তে একটি চিহ্ন দাও। চুম্বকটিকে উল্টা করিয়া ঝুলাও। দেখিবে যে চুম্বকটি ঘুরিয়া এমনভাবে দাঁড়াইল যে

চিহ্নিত প্রান্ত পূর্বের ন্যায় উত্তরমুখী হইয়াছে। ইহা হইতে বোঝা যায় যে চুম্বকের দুই মেরু সর্বদা দুই বিপরীত দিকে মুখ করিয়া থাকে। উত্তর-মুখী মেরুকে বলা হয় উত্তর-সন্ধানী বা উত্তর-মেরু এবং অপরটিকে বলা হয় দক্ষিণ-সন্ধানী বা দক্ষিণ-মেরু।

(ii) উত্তর ও দক্ষিণ মেরু চিহ্নিত একটি চুম্বক ও একটি শলাকা (magnetic needle) লও। এখন চুম্বকের N-মেরু চুম্বক-শলাকার N-মেরুর নিকট লইয়া যাও। দেখিবে দুইটি মেরু পরস্পরকে বিকর্ষণ করিতেছে এবং চুম্বক-শলাকার মেরুটি দূরে সরিয়া যাইতেছে (19নং চিত্র)। এখন চুম্বকের S-মেরুকে চুম্বক-শলাকার N-মেরুর নিকট আন। দেখিবে উহারা পরস্পরকে আকর্ষণ করিয়া কাছে সরিয়া আসিতেছে।

চিত্র নং 19

চুম্বক-শলাকার S-মেরুর সহিত এই পরীক্ষা করিলে একই রকম ফল পাওয়া যাইবে। সুতরাং চৌম্বক-ক্রিয়ার বেলাতে দুই মেরু পরস্পর হইতে বিভিন্ন।

উপরোক্ত পরীক্ষার ফলকে সংক্ষেপে বলা যাইতে পারে দুইটি সমমেরু পরস্পরকে বিকর্ষণ করে ও বিষম মেরু পরস্পরকে আকর্ষণ করে। ইহাই হইল চুম্বকের মেরুদ্বয়ের পারস্পরিক ক্রিয়া সংক্রান্ত সূত্র।

প্রশ্ন 8। তিনটি একই আকার, সাইজ ও রংয়ের ধাতব দণ্ড তোমাকে দিয়া বলা হইল যে উহাদের একটি চুম্বক, একটি চৌম্বক পদার্থ এবং একটি অচৌম্বক পদার্থ। অন্য কোন জিনিসের সাহায্য না লইয়া কোন্‌টি কি তাহা কিরূপে নির্ণয় করিবে?

[You are given three painted metal bars of same shape, size and colour and are told one is a magnet, one magnetic substance and the third is a non-magnetic substance. How would you determine which is which without the help of any other thing?] [*cf.* **H. S. Exam. 1961**]

উঃ। ধর, A, B এবং C হইল তিনটি দণ্ড। প্রথমে A ও B দণ্ড লইয়া

A-কে টেবিলে রাখ এবং B-এর এক প্রান্ত দিয়া A দণ্ডের দৈর্ঘ্য বরাবর স্পর্শ করিয়া যাও। মনে কর, কিছুই লক্ষিত হইল না—না আকর্ষণ, না বিকর্ষণ।

এইবার B ও C দণ্ড লও এবং অনুরূপভাবে পরীক্ষা কর। ধর, এবারও কোন আকর্ষণ বা বিকর্ষণ কিছুই লক্ষিত হইল না। এস্থলে বুঝিতে হইবে B দণ্ডটি অচৌম্বক; কারণ অচৌম্বক পদার্থ চুম্বক বা চৌম্বক পদার্থের সহিত কোন ক্রিয়া করে না। সুতরাং অচৌম্বক পদার্থটি আলাদা হইয়া গেল।

এইবার A ও C দণ্ড লইয়া A-কে টেবিলে রাখ এবং C-এর একপ্রান্ত দিয়া A দণ্ডের দৈর্ঘ্য বরাবর স্পর্শ করিয়া যাও। এইবার কিছু চৌম্বকক্রিয়া লক্ষিত হইবেই। যদি দেখা যায় যে A দণ্ডের দৈর্ঘ্য বরাবর সর্বত্র আকর্ষণ অনুভূত হইতেছে তবে বুঝিতে হইবে টেবিলে শোয়ানো দণ্ডটি অর্থাৎ A দণ্ডটি চৌম্বক পদার্থ এবং হাতেরটি অর্থাৎ C দণ্ডটি চুম্বক; কারণ চুম্বক চৌম্বক পদার্থটিকে সর্বদা আকর্ষণ করে। আর যদি দেখা যায় যে A দণ্ডের প্রান্তে আকর্ষণ হইতেছে—মাঝখানে কোন আকর্ষণ নাই তবে বুঝিতে হইবে যে A দণ্ডটি চুম্বক এবং C দণ্ডটি চৌম্বক পদার্থ; কারণ আমরা জানি চুম্বকের আকর্ষণী শক্তি শুধু মেরুতে সীমাবদ্ধ—মাঝখানে কোন আকর্ষণ নাই।

এইভাবে আমরা অন্য কিছুর সহায়তা না লইয়া বুঝিতে পারি কোন্‌টা চুম্বক, কোন্‌টা চৌম্বক পদার্থ এবং কোন্‌টা অচৌম্বক পদার্থ।

****প্রশ্ন ৫। পৃথিবীকে একটি বিরাট চুম্বক মনে করিবার কারণ কি? বিনতি-কোণ বলিতে কি বোঝ? নৌ-কম্পাস কাহাকে বলে? ইহার বিবরণ দাও।**

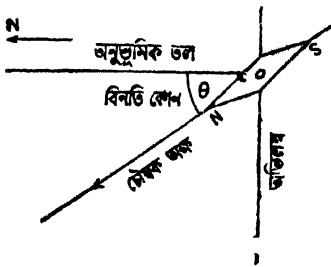
[What are the reasons for considering the earth as a huge magnet? What do you understand by dip angle? What is a mariner's compass? Give a description of it.]

উঃ। কোন চুম্বককে বাধাহীনভাবে ঝুলাইয়া রাখিলে উহা সর্বদা উত্তর-দক্ষিণ মুখ করিয়া থাকে। এই অবস্থান হইতে নাড়াইয়া দিলে কিছুক্ষণ দুলিয়া পুনরায় ঐ অবস্থানেই ফিরিয়া আসিবে। পৃথিবীর সর্বত্র চুম্বক এইরূপ আচরণ করে। ইহাতে মনে হয় যে পৃথিবীর সর্বত্র যেন এক চুম্বকশক্তি এক মেরুকে উত্তর দিকে এবং অপর মেরুকে দক্ষিণদিকে ঘুরাইয়া দেয়। যেহেতু চুম্বকের

উপর প্রভাব শুধু চুম্বকই বিস্তার করে এই কারণে সিদ্ধান্ত করা হইয়াছে যে পৃথিবী নিজে একটি বিরাট চুম্বক।

তাছাড়া লক্ষ্য করা গিয়াছে যে কোন চৌম্বক পদার্থকে পৃথিবীর মেরুর নিকট খাড়াভাবে ঝুলাইয়া রাখিলে বা মাটিতে পুঁতিয়া রাখিলে কালক্রমে উহা ক্ষীণ চুম্বকত্ব প্রাপ্ত হয়। এই সকল কারণে পৃথিবীকে একটি বৃহৎ চুম্বক বলিয়া গণ্য করা হয়।

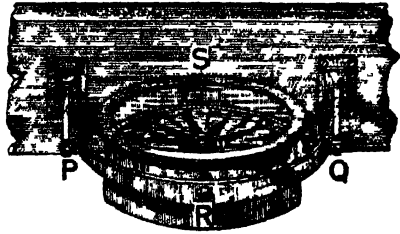
ভূ-চৌম্বক প্রভাব পৃথিবীর সর্বত্র সমান নয়। পৃথিবীর চৌম্বক মেরুদ্বয়ে প্রভাব সবাপেক্ষা বেশী এবং মেরুদ্বয় হইতে সরিয়া আসিলে প্রভাব ক্রমশঃ কমিতে থাকে। এই কারণে একটি চুম্বক-শলাকাকে যদি এমনভাবে ঝুলানো যায় যে উহা উল্লম্বতলে বাধাহীনভাবে ঘুরিতে পারে তবে দেখা যাইবে যে কোন স্থানে চুম্বক-শলাকাটির অক্ষ অনুভূমিক থাকিতেছে না; একটু কাত হইয়া আছে (20নং চিত্র)। ইহার কারণ এই যে চুম্বক-

চিত্র নং 20

শলাকা ভূ-চুম্বক দ্বারা আকর্ষিত হইয়া ঐরূপ কাত হইবে। যে-কোন স্থানে চুম্বকশলাকার অক্ষ অনুভূমিক তলের সহিত যে-কোণ উৎপন্ন করিবে তাহাকে ঐ স্থানে বিনতি-কোণ বলে। 20 নং চিত্রে θ বিনতি কোণ বুঝাইতেছে।

নৌ-কম্পাস: নৌ-কম্পাস বা দিক্‌দর্শন যন্ত্র—ইহার দ্বারা নাবিকেরা সমুদ্রবক্ষে দিক্‌নির্দেশ করিয়া থাকেন। 21 নং চিত্রে একটি নৌ-কম্পাসের ছবি দেখানো হইয়াছে। ইহাতে একটি গোল কার্ডের নীচে এক বা একাধিক ছোট চুম্বকশলাকা সমান্তরালভাবে আটকানো থাকে। চুম্বক-শলাকার ঘূর্ণনের সঙ্গে কার্ডটিও ঘোরে। কার্ডের উপরের পরিধি ব্যাসার্ধ দ্বারা বত্রিশ ভাগে ভাগ করিয়া বিভিন্ন দিক চিহ্নিত করা হয়। এই ভাগগুলিকে কম্পাসের বিন্দু বলে। শলাকাগুলির N-মেরু যেদিকে থাকে কার্ডের উপরের পিঠে সেই দিকে উত্তর দিক চিহ্নিত করিয়া একটি মুকুট (crown) আঁকা থাকে। কার্ড

ও চুম্বক-শলাকাগুলি একটি অ্যাগেট টুকরার সাহায্যে তীক্ষ্ণাগ্র ধাতবদণ্ডের উপর অনুভূমিক অবস্থায় রক্ষিত। এই অ্যাগেট টুকরাটি চুম্বক-শলাকাগুলির কেন্দ্রের সহিত সংযুক্ত।

চিত্র নং 21

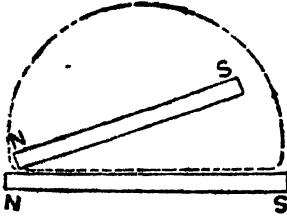
জাহাজের দোলায় যাহাতে চুম্বক সমেত কার্ডখানা দুলিতে না পারে সেজন্য উহাদের একটি গোল বাক্সে বসাইয়া বাক্সটি একটি আংটার দুই বিপরীত বিন্দু R ও S-এ আঁটা থাকে। এই আংটাটি একটি কাঠের ফ্রেমের সহিত P ও Q বিন্দুতে আঁটা যাহাতে আংটাটি PQ রেখাকে অক্ষ করিয়া দুলিতে পারে। RS ও PQ রেখাদ্বয় পরস্পর লম্ব হওয়ায় জাহাজ দুলিলে কম্পাস দোলে না। এই ধরনের ব্যবস্থাকে Gimbal ব্যবস্থা বলা হয়।

****প্রশ্ন ৬। ইস্পাতের একটি দণ্ডকে চুম্বকে পরিণত করিবার বিভিন্ন পদ্ধতিগুলি বর্ণনা কর এবং উহার কোন্ প্রান্তে কোন্ মেরু উৎপন্ন হইবে উল্লেখ কর।**

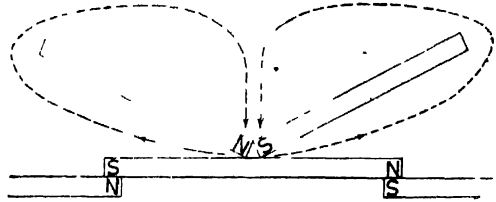
[Describe various ways of magnetising a piece of steel and state the nature of polarity developed at the ends of the bar.]
[H. S. Exam., 1960]

উঃ। নিম্নলিখিত পদ্ধতি দ্বারা একটি ইস্পাতদণ্ডকে চুম্বকে পরিণত করা যায়।

(i) একক স্পর্শ রীতি, (ii) পৃথক্ স্পর্শ রীতি, (iii) যুগ্ম স্পর্শ রীতি এবং (iv) বৈদ্যুতিক প্রণালী।

একক স্পর্শ রীতি : ইস্পাতের দণ্ডটিকে টেবিলে রাখ এবং একটি শক্তিশালী চুম্বকের যে-কোন মেরু—ধর, N-মেরু—আনতভাবে ইস্পাতদণ্ডের এক প্রান্তে স্পর্শ করাও। ঐ অবস্থায় চুম্বককে দণ্ডের উপর দিয়া টানিয়া অপর প্রান্ত পর্যন্ত আন। এইবার চুম্বকটি তুলিয়া পুনরায় আগেকার অবস্থায় রাখিয়া আবার দণ্ড বরাবর টান (22নং চিত্র)। এইরূপ কয়েকবার ঘষিয়া ইস্পাত

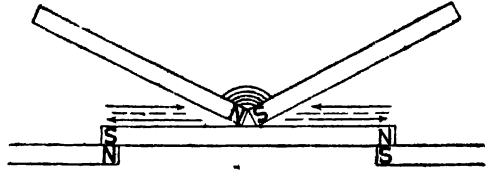
দণ্ডটিকে উল্টাইয়া রাখ এবং অপর পিঠও পূর্বের ন্যায় কয়েকবার ঘষিয়া লও। ইহাতে ইস্পাত দণ্ডটি চুম্বকে পরিণত হইবে। এই প্রণালীতে ঘর্ষণকারী মেরু যে-প্রান্তে দণ্ডত্যাগ করে সেখানে উহার বিপরীত মেরুর উদ্ভব হয়।

চিত্র নং 22

পৃথক্ স্পর্শ রীতি : পরীক্ষাধীন দণ্ডকে টেবিলে রাখিয়া দুইটি শক্তিশালী চুম্বকের বিপরীত মেরুদ্বয় দণ্ডের মাঝখানে আনতভাবে স্পর্শ করাও (23নং চিত্র)। এইবার চুম্বক দুইটিকে দণ্ডের গা বাহিয়া পরস্পর উল্টাদিকে প্রান্ত পর্যন্ত টানিয়া লও। প্রান্ত হইতে তুলিয়া উহাদের আবার মাঝখানে পূর্বের ন্যায় বসাইয়া একই প্রক্রিয়া বারবার কর। এখন দণ্ডকে উল্টাইয়া তলার পিঠ উপরে আন এবং অনুরূপভাবে ঐ পিঠেও চুম্বক দুইটি ঘর্ষণ করাও। ইহাতে ইস্পাত দণ্ড চুম্বকে পরিণত হইবে। এই প্রণালীতেও ঘর্ষণকারী মেরু দণ্ডের যে-প্রান্ত ত্যাগ করিবে সেখানে বিপরীত মেরুর উদ্ভব হইবে।

চিত্র নং 23

পরীক্ষাধীন দণ্ডকে দুইটি স্থায়ী চুম্বকের বিপরীত মেরুর উপর রাখিয়া (ছবি দেখ) উপরোক্ত ঘর্ষণ প্রক্রিয়া করিলে দণ্ড দ্রুত শক্তিশালী চুম্বকে পরিণত হইবে।

যুগ্ম স্পর্শ প্রণালী : ইস্পাত দণ্ডকে টেবিলে রাখিয়া পূর্বের ন্যায় দুইটি শক্তিশালী চুম্বকের বিপরীত মেরুদ্বয় দণ্ডের মাঝখানে আনতভাবে স্পর্শ করাও। মেরু দুইটির মাঝখানে একটুকরা কাঠ বা কর্ক রাখিতে পার

যাহাতে উহাদের পারস্পরিক দূরত্ব সর্বদা ঠিক থাকে। এই অবস্থায় চুম্বকদ্বয়কে একসঙ্গে টানিয়া দণ্ডের একপ্রান্ত অবধি লও এবং উহাদের না উঠাইয়া দণ্ডের গা বাহিয়া বিপরীত প্রান্ত পর্যন্ত আন এবং পুনরায় মাঝখানে ফিরাইয়া আন (24 নং চিত্র)। এইভাবে কয়েকবার ঘষিয়া লইয়া অপর পিঠও ঐ ভাবে ঘষিতে হইবে। ইহাতে ইস্পাত দণ্ড চুম্বকত্ব লাভ করিবে।

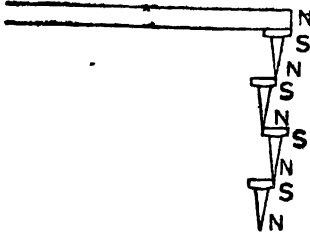
চিত্র নং 24

দণ্ডের যে প্রান্তে ঘর্ষণকারী চুম্বকের যে-মেরু কাছাকাছি আসে তাহার বিপরীত মেরু সেই প্রান্তে সৃষ্টি হয়। পূর্বের ন্যায় লৌহদণ্ড দুইটি চুম্বকের বিপরীত মেরুর উপর বসাইয়া উপরোক্ত প্রক্রিয়া করিলে চুম্বকন ভাল হয়।

বৈদ্যুতিক প্রণালী : ইস্পাত দণ্ডটির গায়ে অন্তরিত (insulated) তামার তার জড়াও এবং তার দিয়া প্রবল তড়িৎ-প্রবাহ পাঠাও। ইহার ফলে দণ্ড শক্তিশালী চুম্বকে পরিণত হইবে। এইপ্রকার চুম্বককে তড়িৎ-চুম্বক (electro-magnet) বলে। এস্থলে কোন প্রান্তের প্রান্ততলে লম্বভাবে দৃষ্টিপাত করিলে যদি দেখা যায় যে বিদ্যুৎ-প্রবাহ ঐ বাহু ঘেরিয়া দক্ষিণাবর্তী (clockwise) হইয়াছে তবে ঐ প্রান্তে S-pole এর উদ্ভব হয় ; আর বামাবর্তী (anticlock-wise) হইলে N-pole-এর উদ্ভব হয়।

প্রশ্ন ৭। চৌম্বক আবেশ কাহাকে বলে? চৌম্বক আবেশে উৎপন্ন মেরুর প্রকৃতি কিরূপ হইবে? 'পূর্বে আবেশ পরে আকর্ষণ' —ইহা বলিতে কি বোঝ?

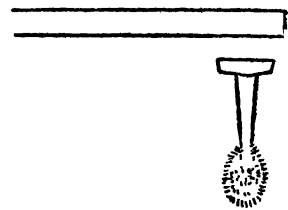
[What is magnetic induction ? What will be the nature of polarity produced by induction ? What do you understand by induction precedes attraction' ?] [H. S. (Comp.), 1960, '62]

উঃ। একটি দণ্ড-চুম্বকের N-মেরুতে একটি ছোট কাঁচা লোহার পেরেক ধর।

পেরেকটি চুম্বকের গায়ে আটকাইয়া ঝুলিতে থাকিবে। এখন আর একটি পেরেক প্রথম পেরেকটির তলায় ছোঁয়াও। এটিও প্রথম পেরেকটির গায়ে আটকাইয়া ঝুলিতে থাকিবে। এইভাবে তিন চারটি পেরেকের একটি শৃঙ্খল তৈয়ারী করা যাইবে (25 নং চিত্র)। এখন সাবধানে চুম্বক হইতে প্রথম পেরেকটি খসাইয়া নিলে দেখা যাইবে যে শৃঙ্খল কিছুক্ষণ ঠিকই থাকিল। খানিকক্ষণ পরে অবশ্য পেরেকগুলি পড়িয়া যাইবে।

চিত্র নং 25

ইহা প্রমাণ করে যে পেরেকগুলি ক্ষণকালের জন্য চুম্বকে পরিণত হইয়াছে।

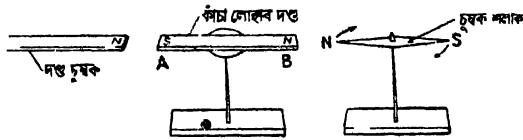
এখন প্রথম পেরেক চুম্বক হইতে ঝুলাইয়া আর একটি চুম্বকের N-মেরু পেরেকটির তলায় কাছাকাছি আন। দেখিবে পেরেকটি বিকর্ষিত হইয়া সরিয়া গেল। ইহা প্রমাণ করে যে পেরেকটির তলার প্রান্তে N-মেরুর উদ্ভব হইয়াছে। সুতরাং উপরের প্রান্তে S-মেরু থাকিবে।

প্রকৃতপক্ষে, পেরেকটিকে চুম্বকিত করিতে চুম্বকের সহিত স্পর্শ না করাইলেও চলে। 26নং চিত্রে যেমন দেখানো হইয়াছে ঐরূপ একটি পেরেককে কোন দণ্ড-চুম্বকের যে-কোন মেরুর কাছে রাখ। এইবার কিছু লোহাচুর পেরেকের তলার প্রান্তে ছোঁয়াও। দেখিবে লোহাচুরগুলি পেরেকের সহিত আটকাইয়া আছে। দণ্ড-চুম্বক সরাইয়া লও। সঙ্গে সঙ্গে লোহাচুরগুলি পেরেক হইতে পড়িয়া যাইবে। ইহা প্রমাণ করে যে দণ্ড-চুম্বকের প্রভাবে পেরেক ক্ষণস্থায়ী চুম্বকে পরিণত হইল।

চিত্র নং 26

এইভাবে কোন শক্তিশালী চুম্বকের প্রভাবে (স্পর্শ করিয়া হউক কিংবা স্পর্শ না করিয়া হউক) কোন চৌম্বক পদার্থ ক্ষণস্থায়ী চুম্বকত্ব প্রাপ্ত হইলে,

এই প্রণালীকে চৌম্বক আবেশ বলা হয় এবং চুম্বকত্বকে আবিষ্ট চুম্বকত্ব (induced magnetism) বলা হয়।

নিম্নবর্ণিত পরীক্ষা দ্বারা চৌম্বক আবেশে উৎপন্ন মেরুর প্রকৃতি নির্ণয় করা যাইবে। একটি দণ্ড-চুম্বককে একটি চুম্বক-শলাকা হইতে এমন দূরে রাখ যাহাতে চুম্বকের প্রভাবে শলাকার কোন বিক্ষেপ না হয়। ধর, উভয়ের

চিত্র নং 27

N-মেরু মুখোমুখী (27নং চিত্র)। এখন উভয়ের মাঝখানে কাঁচা-লোহার দণ্ড রাখিলে দেখা হইবে যে চুম্বক-শলাকা বিক্ষিপ্ত হইল। ইহা প্রমাণ করে যে কাঁচা-লোহার দণ্ডের B-প্রান্ত N-মেরু প্রাপ্ত হইয়াছে এবং A-প্রান্ত S-মেরু প্রাপ্ত হইয়াছে। সুতরাং ইহা হইতে বলা যায় যে আবেশকারী মেরুর নিকটতম প্রান্তে বিপরীত মেরু এবং দূরতম প্রান্তে সম-মেরু উৎপন্ন হয়।

চুম্বক লোহাকে আকর্ষণ করে আমরা জানি। কিন্তু আকর্ষণের পূর্বে চৌম্বক আবেশ ঘটে বলিয়াই এইরূপ আকর্ষণ দেখা যায়। এক টুকরা লোহার কাছে চুম্বক লইলে আবেশের ফলে লোহার টুকরাটি চুম্বকত্ব প্রাপ্ত হয় এবং টুকরার যে প্রান্ত চুম্বকের নিকটতম তথায় চুম্বক-মেরুর বিপরীত মেরু সৃষ্টি হয়। তখন এই দুই বিপরীত মেরুর ভিতর আকর্ষণ ক্রিয়া সংঘটিত হয়। এই কারণে বলা হয় 'পূর্বে আবেশ পরে আকর্ষণ'।

প্রশ্ন ৮। নিম্নলিখিত ক্ষেত্রে আবিষ্ট মেরুশক্তি কিরূপে পরিবর্তিত হইবে যদি,

(a) আবেশী মেরুশক্তি পরিবর্তন করা হয়?

(b) আবেশী মেরু ও আবিষ্ট মেরুর ভিতরকার দূরত্ব পরিবর্তন করা হয়?

কোন চুম্বকের মেরু পরীক্ষার সময় বলা হয় যে ঐ চুম্বকের যে-কোন মেরুকে চুম্বক-শলাকার যে-কোন মেরুর দিকে চুম্বক-

শলাকার অক্ষের অভিলম্বভাবে ধীরে ধীরে লইয়া যাওয়া উচিত। কিন্তু যদি (a) চুম্বককে চুম্বক-শলাকার খুব কাছে আনা হয় বা (b) চুম্বক-শলাকার অক্ষ বরাবর লইয়া যাওয়া হয় তবে কি ঘটিবে? দূর হইতে চুম্বককে ধীরে ধীরে আগাইয়া লইয়া যাইতে বলা হয় কেন?

[State how the induced pole strength changes (a) with the strength of the inducing pole. (b) with the distance between the two. In testing the polarity of a magnet you are advised to bring one pole of the magnet slowly towards one pole of the needle along a line perpendicular to the axis of the needle. What will happen, if you,

(a) bring the magnet very close to the needle?

(b) move it along the axis of the needle?

Why is it advised to move the magnet slowly from a distance?] [H. S. Exam., 1968]

উঃ। (a) আবেশী মেরুর শক্তি যত বেশী হইবে আবিষ্ট মেরুর শক্তিও তত বেশী হইবে—যতক্ষণ পর্যন্ত না আবিষ্ট চুম্বকে চৌম্বক সংপৃক্ততা (magnetic saturation) উপস্থিত হয়।

(b) আবেশী মেরু ও আবিষ্ট মেরুর ভিতরকার দূরত্ব যত বেশী হইবে আবিষ্ট মেরুর শক্তিও তত হ্রাস পাইবে।

দ্বিতীয়াংশ : (a) সাধারণতঃ চুম্বক-শলাকার মেরুশক্তি খুব প্রবল থাকে না। এই কারণে চুম্বককে শলাকার মেরুর খুব কাছে আনিলে শক্তিশালী চুম্বকের প্রভাবে শলাকার মেরুর প্রকৃতি উল্টাইয়া যাইতে পারে। ফলে মেরু পরীক্ষার ফলাফল ত্রুটিপূর্ণ হইবে। তাছাড়া, শলাকার প্রচণ্ড বিক্ষেপ হইতে পারে।

(b) চুম্বক-শলাকার অক্ষ বরাবর চুম্বকদণ্ডকে আনিলে শলাকার কোন বিক্ষেপ হইবে না; কারণ এক্ষেত্রে শলাকার দুই মেরুর উপর প্রযুক্ত বল একই সরলরেখায় ক্রিয়া করিবে। সুতরাং এই অবস্থায় চুম্বকের মেরু পরীক্ষা সম্ভব হইবে না।

শেষাংশ : চুম্বককে দূর হইতে শলাকার কাছে না আনিয়া হঠাৎ কাছে আনিলে শক্তিশালী চুম্বকের প্রভাবে শলাকার মেরুর প্রকৃতির পরিবর্তন হইতে

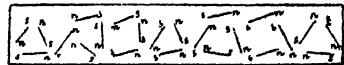
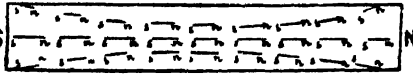
পারে। ফলে, যেখানে দুই বিপরীত মেরুর মধ্যে আকর্ষণ হওয়া উচিত ছিল সেখানে দুই সমমেরুর বিকর্ষণ দেখা যাইবে।

প্রশ্ন ৯। মেরু বিচ্ছিন্ন করা অসম্ভব ইহা পরীক্ষা দ্বারা প্রমাণ কর। ইহা হইতে কিরূপে আণবিক চৌম্বকতত্ত্ব উপস্থাপিত হইল? ঘর্ষণজাত চুম্বকন প্রণালী ঐ তত্ত্ব দ্বারা কিরূপে ব্যাখ্যা করিবে?

[Prove experimentally that isolation of a single pole is impossible. How does it lead to the molecular theory of magnetism ? How would you explain frictional magnetism with this theory ?] [*cf.* H. S. Exam. 1961, '64 (Comp.,)]

উঃ। সেলাই করিবার একটি লম্বা ছুঁচ লইয়া চুম্বকিত কর এবং উহাকে একটি pliers (তীক্ষ্ণ সাঁড়াশি) দ্বারা দুই ভাগে ভাগ করিয়া ফেল। প্রত্যেক টুকরাকে আলাদাভাবে চুম্বক-শলাকার সাহায্যে পরীক্ষা করিলে দেখিতে পাইবে যে প্রত্যেক টুকরাই একটি সম্পূর্ণ চুম্বক হইয়াছে। উহাদের প্রত্যেকটিকে আবার দুই টুকরা করিয়া ফেল এবং প্রত্যেক অংশ আলাদাভাবে পরীক্ষা কর। দেখিবে যে প্রত্যেক অংশই একটি স্বয়ংসম্পূর্ণ চুম্বক। প্রকৃতপক্ষে টুকরাগুলিকে যতই কাটিয়া ছোট করা যাউক না কেন কিছুতেই মেরু বিচ্ছিন্ন করা যাইবে না; সর্বদাই ক্ষুদ্র অংশগুলি সম্পূর্ণ চুম্বক থাকিবে।

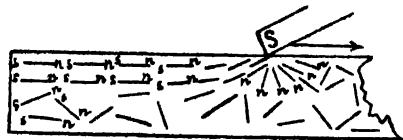
এই ঘটনা হইতে বিজ্ঞানী ওয়েবার সিদ্ধান্ত করেন যে কোন বস্তুকে ক্রমিক বিভাজন দ্বারা আণবিক অবস্থা পর্যন্ত লইয়া গেলে প্রত্যেকটি অণুই দুই মেরুবিশিষ্ট স্বতন্ত্র চুম্বক হইবে। প্রকৃতপক্ষে একটি লোহার টুকরাকে যদি আমরা ঐরূপ অসংখ্য আণবিক চুম্বকের সমষ্টি বলিয়া ধরিয়া লই তাহা হইলে চুম্বক সম্পর্কীয় অনেক ঘটনা সহজে ব্যাখ্যা করা যায়। এই মতবাদকে আণবিক চুম্বকতত্ত্ব বলা হয়। এই তত্ত্ব অনুযায়ী কোন লোহার টুকরাকে সাধারণ অবস্থায় অনিয়মিত (haphazard) ভাবে সজ্জিত আণবিক চুম্বকের সমষ্টি বলিয়া ধরা হয় (28 নং চিত্র)। অনিয়মিতভাবে থাকিবার ফলে

চিত্র নং 28

প্রত্যেক অণু-চুম্বকের প্রভাব পার্শ্ববর্তী অণু-চুম্বক দ্বারা প্রশমিত (neutralised হয়। ফলে গোটা টুকরাতে কোন চৌম্বক ধর্ম প্রকাশ পায় না। কিন্তু যখন টুকরাটিকে চুম্বকন প্রণালী দ্বারা চুম্বকে পরিণত করা হয় তখন বাহিরের চুম্বকের প্রভাবে টুকরার অণু-চুম্বকগুলি নিয়মিতভাবে সজ্জিত হইয়া পড়ে (29নং চিত্র)। প্রত্যেক অণু-চুম্বকের N-মেরুগুলি একপ্রান্তে ও S-মেরুগুলি অপর প্রান্তের দিকে মুখ করিয়া দাঁড়ায়। ফলে টুকরাতে চৌম্বক ধর্ম প্রকাশ পায়।

চিত্র নং 29

টুকরাটির অভ্যন্তরে অণু-চুম্বকগুলির বিপরীত মেরু মুখোমুখী থাকায় পরস্পরের প্রভাব নষ্ট করিয়া দেয়। ফলে দণ্ডের মাঝখানে কোন চৌম্বকধর্ম প্রকাশ পায় না।

ঘর্ষণজাত চুম্বকন প্রণালীর ব্যাখ্যা :

একক স্পর্শ রীতির কথা ধরা যাউক। যখন চুম্বকদণ্ডের দক্ষিণ-মেরু ইস্পাতের উপর দিয়া টানা হইতে থাকে তখন স্পর্শবিন্দুর নিকটবর্তী অণু-চুম্বক গুলির উত্তর-মেরু ঘুরিয়া আবেশী দক্ষিণ-মেরুর সম্মুখীন হয় (30নং চিত্র)। আবেশী দক্ষিণ-মেরুকে দণ্ড বরাবর টানিয়া লইলে অণু-চুম্বকগুলি সশরীরে আগাইতে না পারিয়া ঘুরিয়া যায় এবং উহাদের উত্তর-মেরুগুলি চলমান আবেশী মেরুর দিকে মুখ করিয়া থাকে। এই কারণে যে প্রান্তে ঘর্ষণ শেষ হয় সেই প্রান্তে বিপরীত মেরুর সৃষ্টি হয়। এইভাবে ক্রমাগত ঘষিবার ফলে বেশী সংখ্যক অণু-চুম্বকগুলি নিয়মিত সজ্জায় সজ্জিত হয় এবং দণ্ডটি চুম্বকত্বপ্রাপ্ত হয়।

চিত্র নং 30

অন্যান্য স্পর্শ-প্রণালীগুলিও উপরোক্তভাবে আণবিক চৌম্বকতত্ত্ব দ্বারা ব্যাখ্যা করা যাইতে পারে।

দ্বিতীয় পরিচ্ছেদ

চৌম্বক ক্ষেত্র ও চৌম্বক বলরেখা

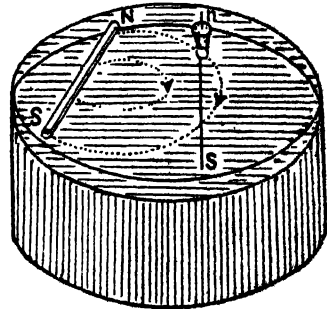
প্রশ্ন ১। নিম্নলিখিত রাশিগুলি বুঝাইয়া দাও :—

(i) **চৌম্বক ক্ষেত্র** (magnetic field) [H. S. Exam., 1964]

(ii) **চৌম্বক বলরেখা** (magnetic lines of force) [H. S Exam., 1961]

(iii) **উদাসীন বিন্দু** (neutral points)।

উঃ। **চৌম্বক ক্ষেত্র :** কোন একটি চুম্বকের মেরুর নিকট অপর একটি চুম্বক আনিলে দ্বিতীয় চুম্বকটি প্রথমটি দ্বারা আকর্ষিত বা বিকর্ষিত হয় তাহা আমরা জানি। যে স্থান পর্যন্ত এই আকর্ষণ বা বিকর্ষণ বল অনুভূত হয় চুম্বকটির চতুর্দিকস্থ ঐ স্থানকে ঐ চুম্বকের ক্ষেত্র বলে। যদি ঐ স্থানের সর্বত্র একই বল অনুভূত হয় তবে ঐ ক্ষেত্রকে সমবল ক্ষেত্র (uniform field) বলে।

চৌম্বক বলরেখা : চৌম্বক ক্ষেত্রের কোন বিন্দুতে চৌম্বক বল একটি নির্দিষ্ট অভিমুখে ক্রিয়া করে। বিভিন্ন বিন্দুতে এই অভিমুখ বিভিন্ন। ইহা নিম্নলিখিত পরীক্ষা দ্বারা বোঝা যাইবে। একটি জলপূর্ণ কাচপাত্রে একটি দণ্ড-চুম্বক N-Sকে জলের উপর অনুভূমিকভাবে রাখিবার ব্যবস্থা করা হইল (31নং চিত্র)। একটি চুম্বকিত সরু ও লম্বা ছুঁচ লইয়া কর্কের সাহায্যে উহাকে এমনভাবে ভাসানো হইল যে উহার n-মেরু জলের উপরে থাকে। এইভাবে উহাকে দণ্ড-চুম্বকের N-মেরুর কাছে লইয়া ছাড়িয়া দিলে উহা আস্তে আস্তে বিকর্ষিত হইয়া একটি নির্দিষ্ট বাঁকা পথে S-মেরুতে আসিয়া

চিত্র নং 31

উপস্থিত হইবে। উহাকে একই স্থান হইতে বার বার ছাড়া হইলে উহা একই পথ অবলম্বন করিয়া যাইবে; কিন্তু বিভিন্ন স্থান হইতে ছাড়িয়া দিলে বিভিন্ন বক্রপথে N-মেরু হইতে S-মেরুতে যাইবে। ইহা প্রমাণ করে যে বিভিন্ন বিন্দুতে দণ্ড-চুম্বক N-S চুম্বক শলাকার উপর যে বলপ্রয়োগ করে তাহার অভিমুখ ভিন্ন।

যে বক্ররেখা পথে চুম্বক-শলাকা গেল উহাকে চৌম্বক বলরেখা বলে। সুতরাং বলরেখার সংজ্ঞা হিসাবে বলা যাইতে পারে যে উহা এমন বক্ররেখা বুঝায় যে-রেখা বরাবর সর্ববাধামুক্ত (free), বিচ্ছিন্ন (isolated) N-মেরু গমন করে এবং উক্ত রেখার যে-কোন বিন্দুতে স্পর্শক (tangent) টানিলে উক্ত স্পর্শক ঐ বিন্দুতে লব্ধ চৌম্বক বলের (resultant magnetic force) অভিমুখ নির্দেশ করে।

উদাসীন বিন্দু: পৃথিবী একটি বিরাট চুম্বকের ন্যায় ব্যবহার করে এবং উহার চতুষ্পার্শে একটি চৌম্বক ক্ষেত্র বর্তমান। যদি কোন দণ্ড-চুম্বকের কাছে কোন সূচীচুম্বক (magnetic needle) আনা যায় তবে সূচী-চুম্বকটি ভূ-চৌম্বক ক্ষেত্র ও দণ্ড-চৌম্বকের ক্ষেত্র উভয়ের দ্বারাই প্রভাবিত হইবে। দণ্ড-চুম্বক শক্তিশালী হইলে উহার কাছাকাছি কোন বিন্দুতে ভূ-চৌম্বক ক্ষেত্রের প্রভাব খুবই সামান্য হইবে—দণ্ড-চুম্বকের ক্ষেত্রের প্রভাবই বেশী হইবে। কিন্তু দণ্ড-চুম্বক হইতে যত দূরে সরিয়া যাওয়া যাইবে তত উহার প্রভাব কমিতে থাকিবে এবং ভূ-চৌম্বক ক্ষেত্রের প্রভাব বেশী করিয়া অনুভূত হইবে। ফলে এমন একটি বিন্দু পাওয়া যাইবে যেখানে দণ্ড-চুম্বকের দরুন বল ও ভূ-চুম্বকের দরুন অনুভূমিক বল সমান ও বিপরীতমুখী হইবে। ঐ বিন্দুকে উদাসীন বিন্দু বলে। উদাসীন বিন্দুতে সূচী-চুম্বক রাখিলে উহা যে-কোন দিকে মুখ করিয়া থাকিতে পারে; কারণ ঐ স্থানে লব্ধ বল শূন্য।

প্রশ্ন ২। চৌম্বক বলরেখা কাহাকে বলে? উহাদের ধর্ম কি?

[What are magnetic lines of force? What are their properties?] [H. S. (Comp.), 1965]

উঃ। প্রথমাংশ: ১নং প্রশ্নের (ii) অংশ দ্রষ্টব্য।

শেষাংশ: চৌম্বক বলরেখার নিম্নলিখিত ধর্ম আছে :—

(i) চৌম্বক বলরেখা বদ্ধ বলরেখা। চুম্বকের বাহিরে বলরেখার গতি N-মেরু হইতে S-মেরু পর্যন্ত এবং চুম্বকের অভ্যন্তরে উহার গতি S-মেরু হইতে N-মেরু পর্যন্ত।

(ii) টান করা স্থিতিস্থাপক সূতার ন্যায় প্রত্যেক বলরেখা দৈর্ঘ্য বরাবর সংকুচিত হয়। বলরেখাগুলি পার্শ্বভাবে (laterally) দৈর্ঘ্যের অভিলম্বে পরস্পর চাপ দেয়।

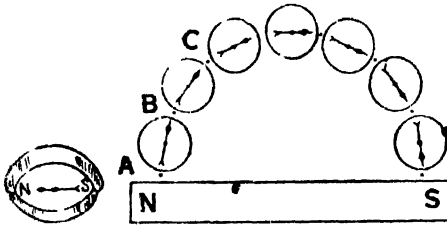
(iii) দুইটি বলরেখা পরস্পরকে কখনও ছেদ করিবে না ; কারণ ছেদ করিলে ছেদবিন্দু দিয়া দুইটি বলরেখার উপর বিভিন্ন দিকে স্পর্শক টানা যাইবে এবং ঐ স্পর্শক দুইটির প্রত্যেকে ছেদবিন্দুতে লব্ধ বলের অভিমুখ নির্দেশ করিবে। কিন্তু একই বিন্দুতে লব্ধ বলের দুইটি অভিমুখ থাকা সম্ভব নয়। কাজেই দুইটি বলরেখা পরস্পরকে ছেদ করা সম্ভব নয়।

(iv) N-মেরু হইতে চৌম্বক বলরেখা চুম্বকপৃষ্ঠের লম্বভাবে নির্গত হয় ; আবার S-মেরুতে চুম্বকপৃষ্ঠের সহিত লম্বভাবে প্রবেশ করে।

***প্রশ্ন ৩। চৌম্বক মধ্যরেখায় অবস্থিত একটি দণ্ড-চুম্বকের চতুর্দিকে বলরেখা কিরূপ হইবে তাহা পরিষ্কার ছবি আঁকিয়া দেখাও, যখন (i) চুম্বকের N-মেরু উত্তরমুখী এবং (ii) চুম্বকের N-মেরু দক্ষিণমুখী। এই দুই ক্ষেত্রে উদাসীন বিন্দুদ্বয়ের অবস্থান চিহ্নিত কর।**

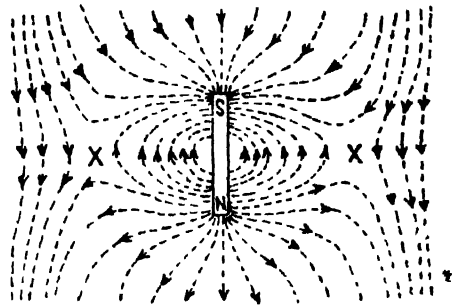
[Draw lines of force surrounding a bar magnet when it is placed in the magnetic meridian with its (a) N-pole pointing north and (b) N-pole pointing south. Indicate the positions of neutral points in the above two cases.]

উঃ। (i) N-মেরু উত্তর-মুখী :

চৌম্বক মধ্যরেখায় অবস্থিত একটি দণ্ড-চুম্বক N-S লও এবং N-মেরু উত্তর-মুখী কর। একটি ছোট সূচী-চুম্বক লইয়া উহা দণ্ড-চুম্বকের N-মেরুর নিকট রাখ। সূচী-চুম্বকটি চৌম্বকক্ষেত্রের ঐ স্থানের বলরেখা বরাবর নিজেকে স্থাপিত করিবে। সূচী-চুম্বকের উত্তর ও দক্ষিণ মেরুর ঠিক নীচে দুইটি পেনসিল চিহ্ন A ও B দাও (32নং চিত্র)। সূচী-চুম্বককে এইবার সরাইয়া এমনভাবে রাখ যে উহার দক্ষিণ-মেরু B বিন্দুতে অবস্থিত হয়। উহার উত্তর-মেরুর নিকট আর একটি চিহ্ন C দাও। এইভাবে চুম্বককে

চিত্র নং 32

ক্রমাগত সরাও যতক্ষণ পর্যন্ত না উহা দণ্ড-চুম্বকের অন্য প্রান্তের কাছাকাছি পৌঁছায়। এই A, B, C প্রভৃতি বিন্দুগুলি যোগ করিলে যে বক্ররেখা পাওয়া যাইবে উহা হইবে একটি বলরেখা। এইরূপ সূচী-চুম্বককে বিভিন্ন স্থান হইতে যাত্রা করাইয়া সমস্ত চৌম্বক ক্ষেত্র ব্যাপিয়া বলরেখা টানিতে হইবে। 33নং চিত্রে যেমন দেখানো হইয়াছে

চিত্র নং 33

বলরেখাগুলির আকৃতি ঐরূপ হইবে। লক্ষ্য করিলে দেখা যাইবে যে দণ্ড-চুম্বকের মধ্যবিন্দু হইতে সমান দূরে দুই পাশে দুইটি স্বল্প পরিসর স্থান আছে যেখানে কোন বলরেখা নাই। উহাই উদাসীন বিন্দু। চিত্রে X চিহ্ন দ্বারা উদাসীন বিন্দুদ্বয়ের অবস্থান দেখানো হইয়াছে।

(ii) N-মেরু দক্ষিণ-মুখী :

চৌম্বক মধ্যরেখায় অবস্থিত একটি দণ্ড-চুম্বক N-S লইয়া উহার N-মেরু দক্ষিণমুখী কর এবং অনুরূপভাবে সমস্ত চৌম্বকক্ষেত্র ব্যাপিয়া বলরেখা টান। 34নং চিত্রে যেমন দেখানো হইয়াছে বলরেখাগুলির আকৃতি ঐরূপ হইবে। এস্থলেও দুইটি বিন্দু পাওয়া যাইবে যেখানে কোন বলরেখা নাই। দণ্ড-চুম্বকের মধ্যবিন্দু হইতে সমান দূরে উহার দৈর্ঘ্য বরাবর এই দুইটি বিন্দু অবস্থিত। এক্ষেত্রে ইহারাই উদাসীন বিন্দু। × চিহ্ন দ্বারা চিত্রে উহাদের অবস্থান চিহ্নিত করা হইয়াছে।

চিত্র নং 34

প্রশ্ন 8। পৃথিবী একটি বিরাট চুম্বকের ন্যায় ব্যবহার করে। এই উক্তির স্বপক্ষে যুক্তি কি ?

ভূ-চৌম্বকক্ষেত্র বুঝাইবার জন্য মোটামুটি একটি চিত্র অঙ্কন কর। কোন চুম্বকের বলরেখা উত্তর মেরু হইতে নির্গত হইয়া বায়ু-মাধ্যমে দক্ষিণ-মেরুতে গিয়া উপস্থিত হয় বলিয়া ধরা হয়। কিন্তু ভূ-চৌম্বক-ক্ষেত্রের বেলাতে আমরা দক্ষিণ-মেরু হইতে উত্তর-মেরুর দিকে বলরেখা অঙ্কন করি। এই পার্থক্যের কারণ কি ?

The earth is said to behave like a huge magnet. What facts lead us to this view ?

Draw a diagram showing broadly the nature of earth's magnetic field around it.

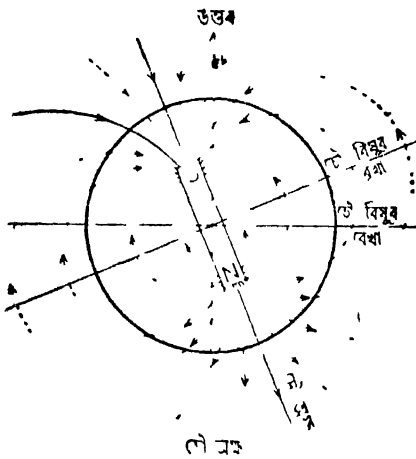
Lines of force due to magnet are supposed to be directed from its north pole to the south pole through the air. But in the

case of the earth's field, we draw the lines from the south to the north. Why is this difference ?]

[H. S. (Comp.), 1963 ; cf '65 (Comp.)]

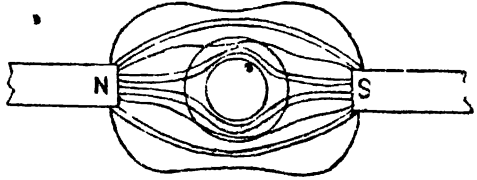
উঃ। প্রথমাংশ : প্রথম পরিচ্ছেদের ৫নং প্রশ্ন দ্রষ্টব্য।

দ্বিতীয়াংশ : চিত্র 35 দ্রষ্টব্য।

শেষাংশ : আমরা যদি কল্পনা করি যে, পৃথিবীর চুম্বকত্ব পৃথিবীর অভ্যন্তরে রক্ষিত কোন বিরাট দণ্ড-চুম্বকের জন্য তবে ঐ দণ্ড-চুম্বককে 35 নং চিত্রে যেমন দেখানো হইয়াছে ঐরূপভাবে স্থাপন করিতে হইবে। ঐ দণ্ড-চুম্বকের যে-প্রান্ত পৃথিবীর চৌম্বক উত্তর মেরুর দিকে আছে তথায় দণ্ড-চুম্বকের S-মেরু এবং অপর প্রান্তে N-মেরু হইবে। কারণ, আমরা জানি বিষমমেরু পরস্পরকে আকর্ষণ করে। সুতরাং ঐ অবস্থায় দণ্ড-চুম্বকের বলরেখা N-মেরু হইতে S-মেরুতে গমন করিলে, পৃথিবীর চৌম্বক বলরেখা পৃথিবীর দক্ষিণ-মেরু হইতে উত্তর-মেরু অভিমুখী হইবে। এই কারণে দণ্ড-চুম্বকের বলরেখা N-মেরু হইতে S-মেরুর অভিমুখী দেখাইলে পৃথিবীর চৌম্বক বলরেখা উল্টা হইবে অর্থাৎ S-মেরু হইতে N-মেরুর অভিমুখী হইবে।

চিত্র নং 35

***প্রশ্ন ৫। দুইটি মুখোমুখী রাখা S-N মেরুর মধ্যে নরম লোহার আংটা রাখিলে ঐ স্থানের চৌম্বকক্ষেত্রের কি পরিবর্তন দেখা যায় ? ইহার কি ব্যবহারিক প্রয়োগ তোমার জানা আছে ?**

[What would be the effect on the magnetic field on placing a small ring of iron in the space between two S-N poles? Do you know of any practical application of the above fact?]

উঃ। দুইটি বিপরীত মেরু S ও N মুখোমুখী রাখিলে বলরেখা N-মেরু হইতে নির্গত হইয়া S-মেরুতে উপনীত হইবে এবং মেরুদ্বয়ের ভিতরকার স্থান বলরেখা দ্বারা পূর্ণ হইবে। কিন্তু ঐ মেরুদ্বয়ের মধ্যস্থলে যদি কাঁচা লোহার একটি আংটা রাখা যায় তবে দেখা যাইবে যে বলরেখাগুলি আংটার লোহার মধ্যে বেশী পরিমাণে জড় হইয়াছে এবং লোহার মধ্যে হইতে অপর পাশে বাহির হইয়া আসিয়াছে; আংটার মধ্যস্থ বায়ুপূর্ণ স্থানে কোন বলরেখা দেখা যাইবে না (36নং চিত্র)। সুতরাং ঐ স্থান মেরুদ্বয়ের চৌম্বক প্রভাব হইতে সর্বতোভাবে মুক্ত।

চিত্র নং 36

উপরোক্ত ঘটনাকে চৌম্বক পর্দা (magnetic screen) বলা হয়। এই ব্যাপারকে ব্যবহারিকভাবে প্রয়োগ করিয়া গ্যালভানোমিটার, দিগ্‌দর্শন যন্ত্র প্রভৃতি সূক্ষ্ম যন্ত্রকে বাহিরের আকস্মিক চৌম্বকপ্রভাব হইতে মুক্ত রাখা হয়। আজকাল magnet-proof ঘড়ির কথা তোমরা শুনিয়াছ। ঐ ঘড়িতে চুম্বক-প্রভাব দূর করিবার জন্য ঘড়ির উপর একটি নরম লোহার আবরণ দেওয়া হয়।

প্রশ্ন ৬। আবিষ্ট মেরুর শক্তি কোন্ কোন্ বিষয়ের উপর নির্ভর করে? যে-কোন দুইটি উপায় বর্ণনা কর যাহা দ্বারা কোন চুম্বকের চুম্বকত্ব বিনষ্ট করা যাইতে পারে? চৌম্বক-পর্দার প্রভাব প্রদর্শনের একটি সহজ পরীক্ষা বর্ণনা কর।

[On what factors does the strength of the induced pole depend? Describe two ways in which a magent can be made to lose its magnetism completely. Describe a simple experiment to show the effect of magnetic shielding.] [H. S. Exam., 1965]

উঃ। আবিষ্ট মেরুর শক্তি নিম্নলিখিত বিষয়গুলির উপর নির্ভর করে :—

(i) **আবেশী মেরুর শক্তি :** আবেশী মেরুর শক্তি যত বেশী হইবে আবিষ্ট চুম্বকত্বের শক্তিও তত বেশী হইবে।

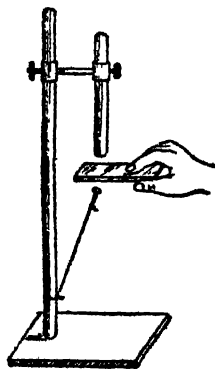
(ii) **আবেশী মেরু ও আবিষ্ট মেরুর অন্তর্বর্তী দূরত্ব :** এই দূরত্ব যত বেশী হইবে আবিষ্ট মেরুর শক্তি তত কম হইবে।

(iii) **চৌম্বক পদার্থের প্রকৃতি :** একই অবস্থায় নরম লোহায় আবিষ্ট মেরুর শক্তি ইস্পাতে আবিষ্ট মেরুর শক্তি অপেক্ষা বেশী হইবে।

দ্বিতীয়াংশ : নিম্নলিখিত দুই উপায়ে কোন চুম্বকের চুম্বকত্ব বিনষ্ট করা যাইতে পারে :—

(i) যখন চুম্বককে উত্তপ্ত করা হয় ও চুম্বকের উপাদানের উপর নির্ভর করিয়া একটি বিশেষ তাপমাত্রা ছাড়াইয়া যাওয়া হয় তখন ঐ চুম্বকের চুম্বকত্ব সম্পূর্ণভাবে নষ্ট হইয়া যায়। যেমন, নিকেলের তৈরী কোন চুম্বককে প্রায় 360°C-এর কাছাকাছি উত্তপ্ত করিলে উহার চুম্বকত্ব সম্পূর্ণরূপে লোপ পাইবে।

(ii) যদি চুম্বককে একটি সলিনয়েডের ভিতর রাখিয়া সলিনয়েড দিয়া তীব্র পরিবর্তি তড়িৎপ্রবাহ (alternating current) পাঠানো যায় তবে চুম্বকটির চুম্বকত্ব অন্তর্হিত হয়। এই পদ্ধতিতে ঘড়ির স্প্রিং-এর চুম্বকত্ব দূর করা হয়।

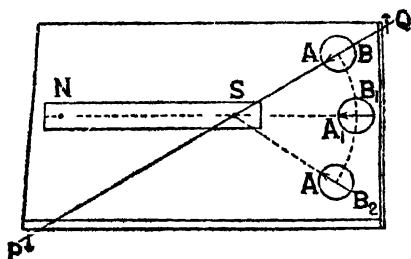
শেষাংশ : একটি কাঠের অবলম্বনের সাহায্যে একটি শক্তিশালী দণ্ড-চুম্বককে খাড়াভাবে আটকাও। একটি কাচা-লোহার পেরেককে সুতা দিয়া আটকাইয়া অবলম্বনের সহিত বাঁধ এবং সুতার দৈর্ঘ্য এমন কর যাহাতে পেরেকটি দণ্ড- চুম্বকের আকর্ষণে বায়ুতে ঝুলিয়া থাকে [চিত্র 36(a)]। পেরেক হইতে দণ্ড-চুম্বকের দূরত্ব এমন কর যে দণ্ড-চুম্বককে সামান্য দূরে সরাইয়া লইলেই যেন পেরেকটি পড়িয়া যায়।

চিত্র নং 36(a)

এখন যদি কাচ, কাগজ বা কাঠ প্রভৃতি অচৌম্বক পদার্থ পেরেক ও দণ্ড-চুম্বকের মাঝখানে ধরা যায় তবে দেখা যায় পেরেকটি ঝুলিয়াই থাকে—পড়িয়া যায় না। অর্থাৎ

অচৌম্বক পদার্থের অবস্থিতির দরুন চৌম্বক আবেশ বাধা পায় না। কিন্তু যদি নরম লোহার একটি পাতকে উহাদের মাঝখানে রাখা যায় তবে পেরেকটি পড়িয়া যায়। অর্থাৎ চৌম্বক পদার্থের অবস্থিতি চৌম্বক-আবেশকে বাধা দেয় এবং চৌম্বক পদার্থের অপর পার্শ্বে দণ্ড-চুম্বকের কোন প্রভাব থাকে না। সুতরাং কোন স্থানকে যদি কোন চুম্বকের প্রভাব হইতে মুক্ত রাখিতে হয় তবে ঐ স্থানকে চৌম্বক পদার্থ দ্বারা বেষ্টন করিয়া রাখিতে হইবে। এই বেষ্টনী ব্যবস্থাকেই চৌম্বক পর্দা বলে।

প্রশ্ন ৭। একটি দণ্ড-চুম্বকের মেরু নির্ণয় পদ্ধতি বর্ণনা কর।

[Describe how you would proceed to determine the position of the poles of a bar magnet.] [H.S (Comp.), 1961, '64 (Comp.)]

উঃ। দুইটি লম্বা দণ্ডে একগাছা সুতা আটকাও, টেবিলের উপর একটি সূচী-চুম্বক রাখিয়া উহার নিকট হইতে সর্বপ্রকার চুম্বক সরাইয়া লও। এই অবস্থায় সূচী-চুম্বক চুম্বক মধ্যরেখা বরাবর স্থাপিত হইবে। সুতা বাঁধা দণ্ড দুইটিকে এমন ভাবে রাখ যে সুতা সূচী-চুম্বকের সমান্তরাল হয়। সুতরাং সুতা চৌম্বক মধ্যরেখায় স্থাপিত হইল। সূচী-চুম্বক সরাইয়া সুতার তলায় একখানি কার্ড-বোর্ড রাখ। উহাতে একখানা সাদা কাগজ আটকাইয় দণ্ড চুম্বক কাগজের মাঝ বরাবর রাখ এবং সীমানা পেন্সিল দিয়া টান। এইবার সূচী-চুম্বককে দণ্ড-চুম্বকের যে-কোন প্রান্তের কাছে স্থাপিত কর। সূচী-চুম্বকটি ভূ-চৌম্বক ও দণ্ড-চুম্বকের ক্ষেত্র দ্বারা প্রভাবিত হইবে। বোর্ডকে ঘুরাইয়া এমনভাবে রাখ যে সূচী-চুম্বকটি সুতার সমান্তরাল হয়। এই অবস্থায় সূচী-চুম্বকের উপর ভূ-চুম্বকের কোন প্রভাব থাকিবে না; শুধু দণ্ড-চুম্বকের

চিত্র নং 37

প্রভাব থাকিবে এবং সূচী-চুম্বক দণ্ড-চুম্বকের মেরুর দিকে অভিমুখী হইবে।

পেনসিল দিয়া সূচী-চুম্বকের দুই প্রান্তে A ও B চিহ্ন দাও (37নং চিত্র)। সূচী-চুম্বকের স্থান পরিবর্তন করিয়া পূর্বেকার প্রক্রিয়া পুনরাবৃত্তি কর এবং A_1, B_1 এবং A_2, B_2 চিহ্নগুলি বসাও। অতঃপর সূচী-চুম্বক ও দণ্ড-চুম্বক সরাইয়া AB, A_1B_1 ও A_2B_2 সরলরেখা টানিয়া বর্ধিত কর। উহারা দণ্ড-চুম্বকের-প্রায় প্রান্তে অবস্থিত একটি বিন্দুতে মিলিত হইবে। উহাই একটি মেরু। একই প্রক্রিয়া অবলম্বন করিয়া চুম্বকের অন্য মেরুর অবস্থানও নির্ণয় করা যাইবে।

প্রশ্ন ৮। নিম্নলিখিত প্রশ্নগুলির কারণসহ জবাব লেখ :—

(i) একটি ইস্পাতদণ্ডের উভয় প্রান্তই একটি চুম্বক-শলাকার N-মেরুকে বিকর্ষণ করে। ইস্পাতদণ্ডটির চুম্বকত্ব কিরূপ ?

[Both ends of a steel bar are found to repel N-pole of a compass needle. What is magnetic condition of the bar ?]

(ii) একটি চুম্বক মেরু হইতে কয়েকটি কাঁচা লোহার ছোট টুকরাকে শিকলের মত পরস্পর ঝুলান যায় কিন্তু চুম্বক সরাইয়া লইলেই উহারা খসিয়া পড়ে। কেন ?

[Several pieces of soft iron may be hung one below the other from the pole of a magnet, but soon fall apart when the magnet is removed. Why ?]

(iii) দুইটি পিনকে কোন চুম্বকের যে-কোন মেরুতে পাশাপাশি আটকাইয়া ঝুলান হইল। পিন দুইটির অপর প্রান্ত পরস্পরকে বিকর্ষণ করে। কেন ?

[Two pins are hung by their heads from the same pole of a magnet. Why do their pointed ends repel each other ?]

(iv) একটি কাঁচা লোহার আবরণে আবৃত একটি চুম্বক-শলাকার চারিদিকে একটি চুম্বক ঘুরাইলে শলাকার কোন বিক্ষেপ হয় না। কেন ?

[A compass needle surrounded by an iron cylinder is not affected by a magnet moved about outside the cylinder. Why ?]

(v) একটি শক্তিশালী চুম্বকের উত্তর-মেরু একটি দুর্বল চুম্বক-শলাকার উত্তর-মেরুর খুব দূরে রাখিলে বিকর্ষণ দেখা যায় কিন্তু খুব কাছে আনিলে আকর্ষণ দেখা যায়। কেন?

[When the N-pole of a strong magnet is kept some distance away from the N-pole of a weak magnetic needle, repulsion is found but when it is brought very near to the magnetic needle attraction is found. Why ?] [*cf.* **H. S. (Comp.), 1960**]

উঃ। (i) দণ্ডে উপমেরুর (consequent poles) সৃষ্টি হইয়াছে—অর্থাৎ দণ্ডের দুই প্রান্তে N-pole এবং মধ্যে S-pole আছে। সাধারণতঃ চুম্বকের দুই প্রান্তে বিপরীত মেরু থাকে এবং মধ্যে কোন মেরু থাকে না। কিন্তু ত্রুটিপূর্ণ চুম্বকন প্রণালী অবলম্বন করিলে ঐ ধরনের 'উপমেরু—অর্থাৎ তৃতীয় মেরুর উৎপত্তি হইতে পারে। যেমন, পৃথক্ স্পর্শরীতি বা যুগ্ম স্পর্শরীতিতে যদি ঘর্ষণকারী মেরুদ্বয় বিপরীত না লইয়া সমমেরু লওয়া হয় তবে দণ্ডের প্রান্তদ্বয়ে সম-মেরু এবং মধ্যে বিষম-মেরুর উদ্ভব হইবে। এই ক্ষেত্রে দণ্ডের দুই প্রান্তই চুম্বক-শলাকার সহিত একই রকম ব্যবহার করিবে।

(ii) প্রথম পরিচ্ছেদের 7 নং প্রশ্নের উত্তর দ্রষ্টব্য।

(iii) চৌম্বক আবেশের ফলে পিন দুইটি চুম্বকত্ব প্রাপ্ত হইবে এবং পিন দুইটির উপর প্রান্ত আবেশী চুম্বক-মেরুর বিপরীত মেরু এবং অপর প্রান্ত সম-মেরু প্রাপ্ত হইবে। ফলে অপর প্রান্তদ্বয় পরস্পরকে বিকর্ষণ করিবে। প্রথম পরিচ্ছেদে 7নং প্রশ্নের উত্তরে 'চৌম্বক আবেশে উৎপন্ন মেরুর প্রকৃতি' অংশ দ্রষ্টব্য।

(iv) এস্থলে কাঁচা লোহার আবরণটি চৌম্বক পর্দার কাজ করিবে। 6নং প্রশ্নের শেষাংশের উত্তর দ্রষ্টব্য।

(v) শক্তিশালী চুম্বকের N-মেরু দুর্বল চুম্বক-শলাকার N-মেরু হইতে দূরে রাখিলে পরস্পরের ভিতর বিকর্ষণ দেখা যায় কারণ দূরত্ব বেশী বলিয়া শক্তিশালী চুম্বকটি দুর্বল চুম্বক-শলাকার N-মেরু প্রান্তে যে S-মেরু আবিষ্ট করিবে তাহার শক্তি খুব বেশী হইবে না; ফলে চুম্বক-শলাকার N-মেরুর শক্তি

সম্পূর্ণ নষ্ট হইবে না—কিছু থাকিয়া যাইবে। কাজেই দুইয়ের ভিতর তখন বিকর্ষণ দেখা যাইবে।

কিন্তু শক্তিশালী মেরু চুম্বক-শলাকার খুব কাছে আনিলে আবিষ্ট S-মেরুর শক্তি এত বেশী হইবে যে চুম্বক-শলাকার N-মেরুর শক্তি সম্পূর্ণরূপে নষ্ট হইয়া S-মেরু উৎপন্ন হইবে। তখন দুই বিপরীত মেরুর ভিতর আকর্ষণ দেখা যাইবে।

প্রশ্ন ৯। কুলম্বের নিয়ম লেখ। উহা হইতে একক শক্তির মেরুর সংজ্ঞা লেখ। চৌম্বক-ক্ষেত্রের প্রাবল্য বলিতে কি বুঝায়?

[State Coulomb's law. Hence define unit magnetic pole What does intensity of a magnetic field mean ?]

উঃ। কুলম্বের নিয়ম :

দুই মেরুর ভিতর পারস্পরিক বল মেরু দুইটির শক্তির গুণফলের সমানুপাতিক এবং উহাদের ভিতরকার দূরত্বের বর্গের ব্যস্ত আনুপাতিক।

মনে কর, দুইটি মেরু পরস্পর হইতে 'r' দূরে অবস্থিত আছে। উহাদের মেরুশক্তি যথাক্রমে m_1 এবং m_2; যদি উহাদের ভিতর আকর্ষণ অথবা বিকর্ষণ বলকে F ধরা হয় তবে, $F \propto m_1 m_2$ এবং $F \propto \frac{1}{r^2}$

অর্থাৎ $F \propto \frac{m_1 m_2}{r^2}$ অথবা $F = \frac{1}{R} \frac{m_1 m_2}{r^2}$ [R = ধ্রুবক]

একক শক্তির মেরু : যদি দুইটি একই শক্তির মেরু বায়ু মধ্যে 1 cm দূরে অবস্থিত হইয়া পরস্পরের প্রতি 1 dyne বলপ্রয়োগ করে, তবে উহাদের যে-কোন মেরুর শক্তিকে একক শক্তির মেরু বলা হইবে।

একক শক্তির মেরুর উপরোক্ত সংজ্ঞা হইতে আমরা লিখিতে পারি যে যখন $m_1 = m_2 = 1$, $r = 1$, $F = 1$ তখন $R = 1$ অর্থাৎ বায়ুতে অবস্থিত দুইটি মেরু পরস্পরের প্রতি যে বলপ্রয়োগ করিবে তাহা

$$F = \frac{m_1 m_2}{r^2}.$$

চৌম্বক ক্ষেত্রের প্রাবল্য :

চৌম্বক ক্ষেত্রের কোন বিন্দুতে একক শক্তির বিচ্ছিন্ন একটি N-মেরু রাখিলে ঐ মেরু যে-বল অনুভব করিবে ঐ বলই হইবে চৌম্বক ক্ষেত্রে ঐ বিন্দুর প্রাবল্য।

✓.9

প্রশ্ন ১০। চৌম্বক পদার্থের নিম্নলিখিত বিশেষ ধর্মগুলির ব্যাখ্যা কর:—(ক) ভেদ্যতা, (খ) চৌম্বক প্রবণতা, (গ) ধারণক্ষমতা, (ঘ) সহনশীলতা।

[Explain the following special properties of a magnetic substance :—(a) Permeability, (b) Susceptibility (c) Retentivity, (d) Coercivity.]

উঃ। ভেদ্যতা: কোন চৌম্বকক্ষেত্রে চৌম্বক পদার্থ রাখিলে দেখা যায় যে ঐ পদার্থটি রাখিবার পূর্বে বায়ুতে যে-কয়টি বলরেখা ছিল, পদার্থটি রাখিবার পর উহার ভিতর দিয়া বেশী পরিমাণ বলরেখা যাইতেছে। বায়ুর তুলনায় প্রতি বর্গক্ষেত্র দিয়া লম্বভাবে কোন চৌম্বক পদার্থের ভিতর দিয়া কত বেশী বলরেখা যাইতেছে তাহা দ্বারা উক্ত পদার্থের ভেদ্যতা প্রকাশ করা হয়। যেমন, কোন চৌম্বক পদার্থের ভেদ্যতা 100 বলিলে বোঝা যাইবে যে কোন চৌম্বকক্ষেত্রে প্রতি বর্গস্থানের ভিতর দিয়া বায়ুতে যে-কয়টি বলরেখা আছে, উক্ত পদার্থ রাখিলে উহার ভিতর দিয়া প্রতি বর্গস্থানে 100 গুণ বেশী বলরেখা থাকিবে।

বিভিন্ন চৌম্বক পদার্থের ভেদ্যতা ভিন্ন। এই ভেদ্যতা অনুসারে চৌম্বক পদার্থের ভিতর কয়েকটি শ্রেণীবিভাগ করা হইয়াছে। যেমন, যে-সমস্ত চৌম্বক পদার্থের ভেদ্যতা খুব বেশী তাহাদের বলা হয় Ferro-magnetic পদার্থ। লোহা, নিকেল, কোবাল্ট Ferro-magnetic পদার্থ।

যে-সমস্ত চৌম্বক পদার্থের ভেদ্যতা একের কিছু বেশী, তাহাদের Para-magnetic পদার্থ বলা হয়। প্লাটিনাম, ম্যাংগানিজ এই শ্রেণীর অন্তর্গত।

আর, যে-সমস্ত চৌম্বক পদার্থের ভেদ্যতা একের কিছু কম, তাহাদের বলা হয় Dia-magnetic পদার্থ। সোনা, রূপা, তামা ইত্যাদি Dia-magnetic পদার্থ।

চৌম্বক প্রবণতা:

চৌম্বক পদার্থের চৌম্বক প্রবণতা বলিতে সাধারণভাবে আমরা ইহাই বুঝি যে কত সহজে ঐ পদার্থে চুম্বকত্ব আবিষ্ট করা যায়। কোন চৌম্বক পদার্থকে

চৌম্বকক্ষেত্রে রাখিলে উহাতে যে চুম্বকত্ব আবিষ্ট হইবে তাহা প্রথমত উক্ত পদার্থ এবং দ্বিতীয়ত চৌম্বক ক্ষেত্রের উপর নির্ভর করে। কিন্তু . নির্দিষ্ট চৌম্বকক্ষেত্রে আবিষ্ট চুম্বকত্ব পদার্থভেদে বিভিন্ন হইবে। পরীক্ষা করিয়া দেখা গিয়াছে যে নির্দিষ্ট চৌম্বকক্ষেত্রে স্থাপিত নরম লোহার আবিষ্ট চুম্বকত্ব ইস্পাত অপেক্ষা অনেক বেশী। এইজন্য বলা হয়, নরম লোহার চৌম্বক প্রবণতা ইস্পাত অপেক্ষা বেশী।

একটি নরম লোহার দণ্ডকে চুম্বক-শলাকার যে-কোন মেরুর নিকট আনিলে দণ্ড-চুম্বকে চুম্বকত্ব আবিষ্ট হইবে এবং দণ্ড ও শলাকার ভিতর আকর্ষণের ফলে চুম্বক-শলাকার বিক্ষেপ হইবে। কিন্তু নরম লোহার দণ্ডের পরিবর্তে সমান সাইজের ইস্পাত-দণ্ড রাখিলে চুম্বক-শলাকার বিক্ষেপ অপেক্ষাকৃত কম হইবে। ইহা হইতে বোঝা যায় যে, নরম লোহার আবিষ্ট চুম্বকত্বের পরিমাণ (অর্থাৎ চৌম্বক প্রবণতা) ইস্পাত অপেক্ষা কম।

ধারণক্ষমতা ও সহনশীলতা:

দুইটি একই আকারের ও সাইজের নরম লোহা ও ইস্পাতের দণ্ড লইয়া একই চৌম্বক বল দ্বারা চুম্বকিত করিয়া ঐ চৌম্বক বল অপসারণ করিলে দেখা যায় যে বিশেষ অবস্থায় চৌম্বক বল অপসারণ সত্ত্বেও ইস্পাতের ন্যায় নরম লোহা প্রায় পূর্ণ চুম্বকত্ব ধরিয়া রাখিয়াছে। পরীক্ষা করিয়া দেখা যায় উভয় দণ্ডই প্রায় শতকরা 90 ভাগ চুম্বকত্ব বজায় রাখে। কিন্তু দণ্ড দুইটিকে একটু নাড়াচাড়া করিলে সঙ্গে সঙ্গে দেখা যাইবে যে নরম লোহার প্রায় সব চুম্বকত্বই অন্তর্হিত হইয়াছে কিন্তু ইস্পাতের চুম্বকত্বের বিশেষ পরিবর্তন হয় নাই। ইহা হইতে বলা হয় যে ইস্পাত ও নরম লোহার ধারণক্ষমতা প্রায় সমান; কিন্তু নরম লোহার সহনশীলতা অনেক কম। কারণ দুইটি পদার্থই বিশেষ অবস্থায় প্রায় সমপরিমাণ চৌম্বকত্ব ধরিয়া রাখিতে সক্ষম; কিন্তু ঐ চুম্বকত্ব দূর করিবার জন্য বল প্রয়োগ করিলে নরম লোহা ঐ বলের বিরুদ্ধে বিশেষ কোন বাধা সৃষ্টি করে না।

অঙ্ক

1. দুইটি মেরুর মেরুশক্তি 40 এবং 60 units. উহাদের পারস্পরিক দূরত্ব 10 cm. হইলে উহাদের ভিতর কত বল ক্রিয়া করিবে ?

[Pole strengths of two magnetic poles are 40 and 60 and their distance apart is 10 cm. What is the force between them ?]

উঃ। আমরা জানি $F=\frac{m_1m_2}{r^2}$

এক্ষেত্রে, $m_1=40$; $m_2=60$; $r=10$ cm.

$$\therefore \quad F=\frac{40\times 60}{10\times 10}=24 \text{ dynes.}$$

2. দুইটি N-মেরুর পারস্পরিক দূরত্ব 2 cm. হইলে উহাদের ভিতর 2·5 dynes বিকর্ষণ বল ক্রিয়া করে। যখন উহাদের ভিতর বল 3 6 dynes তখন উহাদের পারস্পরিক দূরত্ব কত হইবে ?

[Two north poles repel one another with a force of 2 5 dynes when their distance apart is 2 cm. What will be the distance between them when the force is 3·6 dynes ?]

উঃ। ধর, মেরু দুইটির শক্তি যথাক্রমে m_1 এবং m_2. প্রথম ক্ষেত্রে আমরা লিখিতে পারি,

$$2\cdot5=\frac{m_1m_2}{(2)^2}$$

$$\therefore \quad m_1m_2=(2)^2\times 2\cdot5$$

দ্বিতীয় ক্ষেত্রে পারস্পরিক দূরত্ব r ধরিলে, আমরা লিখিতে পারি.

$$3\cdot6=\frac{m_1m_2}{r^2}=\frac{(2)^2\times 2\cdot5}{r^2}$$

$$\text{or,} \quad r^2=\frac{(2)^2\times 2\cdot5}{3\cdot6}=\frac{(2)^2\times 25}{36}=\frac{(2)^2\times(5)^2}{(6)^2}$$

$$\therefore \quad r=\frac{2\times 5}{6}=1\cdot66 \text{ cm.}$$

3. দুইটি মেরু পরস্পর হইতে 10 cm. দূরে থাকিলে উহাদের ভিতর 250 mgm-wt. বল ক্রিয়া করে। একটি মেরুর শক্তি অপর মেরু অপেক্ষা 20 গুণ হইলে, প্রত্যেকটির মেরুশক্তি নির্ণয় কর।

[Two poles, one of which is twenty times as strong as the other, exert on each other a force equal to the weight of 250 mgm-wt. when placed 10 cm apart. Find the strength of each pole.]

উঃ। এক্ষেত্রে $F = 250$ mgm-wt. $= \frac{250}{1000} \times 980 = \frac{25 \times 98}{10}$ dynes.

মনে কর, একটি মেরুর শক্তি m কাজেই অপরটির শক্তি $20\ m$.

অতএব, $\frac{25 \times 98}{10} = \frac{20m \times m}{10 \times 10}$

or, $m^2 = 25 \times 49$

$\therefore \quad m = 5 \times 7 = 35$ units.

কাজেই অপরটির মেরুশক্তি $= 35 \times 20 = 700$ units.

অনুশীলনী

1. 32 এবং 36 মেরুশক্তিবিশিষ্ট দুইটি চুম্বক-মেরুকে বায়ুতে পরস্পর হইতে 12 cm. দূরে রাখিলে উহাদের ভিতর কত বল কাজ করিবে ?

[What is the force exerted between two magnetic poles of strength 32 and 36 at a distance 12 cm. from one another in air ?] [উঃ 8 dynes]

2. দুইটি মেরুকে পরস্পর হইতে 10 cm. দূরে রাখিলে উহাদের ভিতর 80 mgm-wt. বল ক্রিয়া করে। একটি মেরুর মেরুশক্তি অপরটি হইতে 5 গুণ হইলে, উহাদের প্রত্যেকের মেরুশক্তি নির্ণয় কর।

[Two poles, one of which is 5 times as strong as the other, exert on each other a force equal to the weight of 80 mgm. when placed 10 cm. apart. Find the strength of each pole.]

[উঃ 39·48 , 197·4 units]

3. দুইটি মেরু পরস্পর হইতে 10 cm দূরে থাকিলে উহাদের ভিতর 500 mgm-wt. বল ক্রিয়া করে। একটি মেরুর শক্তি অপরটি হইতে আট গুণ হইলে, প্রত্যেকটি মেরুশক্তি নির্ণয় কর।

[Two poles, one of which is eight times as strong as the other, exert on each other a force equal to the weight of 500 mgm., when placed 10 cm. apart. Find the strength of each pole.] [উঃ 78 ; 624]

4. দুইটি সমমেরুকে 4 cm. দূরে রাখিলে উহাদের বিকর্ষণ বল 20 dynes হয়। উহাদের পারস্পরিক দূরত্ব 1 cm বৃদ্ধি করিলে বিকর্ষণ বল কত হইবে ?

[The repulsive force between two like poles is 20 dynes when they are placed 4 cm. apart. What will it be when the distance between them is increased by 1 cm. ?] [উঃ 12·8 dynes]

স্থির তড়িৎ-বিজ্ঞান

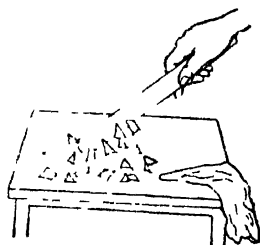
প্রথম পরিচ্ছেদ

স্থির তড়িতের সাধারণ ধর্ম ও তড়িতাবেশ

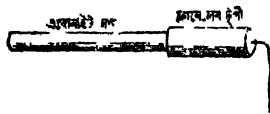
প্রশ্ন ১। তড়িতাহিত করণে অর্থ কি? পরিবাহী ও অপরিবাহী কাহাকে বলে? ঘর্ষণে সমপরিমাণ উভয় তড়িতের উৎপত্তি হয় তাহা কিরূপে প্রমাণ করিবে?

[What do you mean by the statement that a body is electrically charged ? What are 'conductors' and 'insulators' ? How would you prove that friction produces both kinds of electricity in equal amounts ?] [H. S. (Comp.) 1960]

উঃ। পরীক্ষা করিয়া দেখা গিয়াছে যে কাচ, এবোনাইট, গালা প্রভৃতি কয়েকটি পদার্থকে রেশমী কাপড় অথবা ফ্লানেল দিয়া ঘর্ষণ করিলে ঐ পদার্থগুলি হালকা বস্তু যেমন, ছোট ছোট কাগজের টুকরা বা কর্কের গুঁড়া ইত্যাদি আকর্ষণ করিতে পারে। এই ঘটনা বহুপূর্বেই জানা ছিল। প্রকৃতপক্ষে খ্রীষ্টপূর্ব 600 অব্দে গ্রীক পণ্ডিত থেল্‌স্ (Thales) অ্যামবার (amber) বা সোলেমানী পাথর নামক বস্তুতে এই আকর্ষণী ধর্ম লক্ষ্য করেন।

একটি কাচের দণ্ড এবং এক টুকরা রেশমী কাপড় লইয়া উভয়কেই একটু গরম কর। রেশমী কাপড় দিয়া কাচদণ্ডকে ভালভাবে ঘষিয়া পাতলা কাগজের টুকরার কাছে ধর। দেখিবে কাগজগুলি লাফাইয়া লাফাইয়া দণ্ডের কাছে আসিতেছে (38 নং চিত্র)। ইহা হইতে স্পষ্ট বোঝা যায় যে ঘর্ষণের ফলে দণ্ডের কিছু পরিবর্তন ঘটিয়াছে এবং উহা একটি বিশেষ ধর্ম লাভ করিয়াছে। তখন ঐ বস্তুকে তড়িতাহিত করা হইয়াছে বলা হয়।

চিত্র নং 38

কোন কোন বস্তু আছে যাহার ভিতর দিয়া তড়িৎ সহজে চলাচল করিতে পারে এবং কোন কোন বস্তুর ভিতর দিয়া সহজে চলাচল করিতে পারে না। প্রথমোক্ত পদার্থকে তড়িতের পরিবাহী ও শেষোক্ত পদার্থকে অপরিবাহী বলে। একটি তামার দণ্ড হাতে ধরিয়া ফ্লানেল দিয়া ঘর্ষণ কর। দেখিবে উহা কাগজের টুকরাকে আকর্ষণ করিবে না। এখন উহাকে কাচের বা এবোনাইটের একটি হাতলে বসাও এবং ঐ হাতল ধরিয়া দণ্ডকে ফ্লানেল দিয়া ঘর্ষণ কর। এইবার দেখিবে যে উহা কাগজের টুক্‌রাকে আকর্ষণ করিতেছে অর্থাৎ এইবার উহা তড়িৎগ্রস্ত হইল। তবে পূবে কি উহা তড়িৎগ্রস্ত হয় নাই? ইহার উত্তর এই যে পূর্বেও উহা তড়িৎগ্রস্ত হইয়াছিল কিন্তু তামার ভিতর দিয়া তড়িৎ খুব সহজে মানুষের হাত হইতে দেহ দিয়া মাটিতে চলিয়া যায়। কিন্তু কাচ বা এবোনাইটে তড়িৎ সহজে চলাচল করিতে পারে না বলিয়া দ্বিতীয় ক্ষেত্রে তড়িৎ দণ্ডেই থাকিয়া যায়। কাজেই তামা পরিবাহী; কাচ বা এবোনাইট অপরিবাহী। সাধারণত ধাতব পদার্থ মাত্রই খুব ভাল তড়িৎ-পরিবাহী। অপরিবাহী বস্তু হিসাবে এবোনাইট, কাচ, পোলিথিলেন, রবার, গন্ধক, বেকেলাইট, কাগজ, মোম, কাঠ প্রভৃতি উল্লেখযোগ্য।

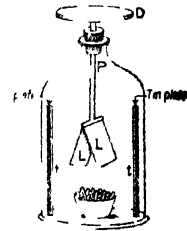
দুইটি বস্তুকে পরস্পর ঘর্ষণ করিয়া উহাদের পৃথক্‌ভাবে পরীক্ষা করিলে দেখা যাইবে যে উভয়ই তড়িতাহিত এবং উহাদের তড়িৎ পরস্পরের বিপরীত। যেমন, সিল্ক দ্বারা কাচ ঘষিলে, কাচ ধনাত্মক (positive) তড়িৎ এবং সিল্ক ঋণাত্মক (negative) তড়িৎ পায়। উহা পরস্পরের সমান তাহা একটি সহজ পরীক্ষা দ্বারা প্রমাণ করা যায়। 39 নং চিত্রে একটি এবোনাইট দণ্ডের মাথায় একটি ফ্লানেলের টুপী পরানো। টুপীটির সহিত একটি সূতা বাঁধা। সূতা টানিয়া টুপীকে দণ্ড হইতে আলাদা করা যাইতে পারে। এই ফ্লানেলের টুপী দিয়া দণ্ডকে বেশ করিয়া ঘর্ষণ কর। টুপী ও দণ্ড একত্র রাখিয়া উভয়কে তড়িৎবীক্ষণ যন্ত্র (electroscope) দ্বারা পরীক্ষা কর। উহাতে কোন তড়িতের অস্তিত্ব

চিত্র নং 39

দেখা যাইবে না। এইবার সুতা টানিয়া টুপীকে আলাদা কর। পৃথক্‌ভাবে উভয়কেই তড়িৎবীক্ষণ যন্ত্রদ্বারা পরীক্ষা কর। দেখিবে উভয়েরই তড়িৎ আছে এবং তাহা পরস্পরের বিপরীত। উহারা একসঙ্গে থাকিলে কোন তড়িৎক্রিয়া থাকে না; সুতরাং এই বিপরীত তড়িতের পরিমাণ সমান।

প্রশ্ন ২। তড়িৎবীক্ষণ যন্ত্র কাহাকে বলে? স্বর্ণপত্র তড়িৎ-বীক্ষণের বর্ণনা ও কার্যপ্রণালীর বিবরণ দাও।

[What is an electroscope? Describe and explain the working of a gold-leaf electroscope.]

উঃ। কোন বস্তু তড়িতাহিত কিনা এবং তড়িতাহিত হইলে উহাতে কি ধরনের তড়িৎ বর্তমান উহা নির্ণয় করিবার যন্ত্রকে তড়িৎবীক্ষণ যন্ত্র বলে।

40 নং চিত্রে একটি স্বর্ণপত্র তড়িৎবীক্ষণের আকৃতি দেখানো হইয়াছে। এই যন্ত্রে একটি কাচের জারের ভিতর দুইটি পাতলা সোনার পাত (অভাবে এ্যালুমিনিয়াম বা অন্য কোন হালকা ধাতু) একটি দণ্ড P এর সহিত আবদ্ধ থাকে। P-দণ্ডটি পিতলের এবং উহা জারের মুখে আটকানো এবোনাইটের ছিপির ভিতর দিয়া জারের উপরে প্রসারিত। দণ্ডের উপর প্রান্তে একটি পিতলের চাকৃতি D থাকে। ইহা ছাড়া, দুইটি টিনের পাত (t, t) স্বর্ণপত্রদ্বয়ের সম্মুখে কাচপাত্রের দেওয়ালে আটকানো থাকে। যন্ত্রের ক্রিয়া বায়ুর শুষ্কতার উপর নিভর করে বলিয়া একটি বাটিতে কিছু ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড রাখিয়া জারের বায়ুকে যথাসম্ভব শুষ্ক রাখা হয়।

চিত্র নং 40

কার্যপ্রণালী:

কোন বস্তু তড়িতাহিত কিনা পরীক্ষা করিতে হইলে বস্তুকে D-চাকৃতির কাছে ধর। ইহার ফলে স্বর্ণপত্র দুইটি যদি পরস্পর হইতে কিছু ফাঁক হইয়া

যায় তবে বুঝিতে হইবে যে বস্তুটি তড়িৎগ্রস্ত, আর যদি পাতা দুইটি ফাঁক না হয় তবে বুঝিতে হইবে বস্তুতে কোন তড়িৎ নাই।

কোন বস্তুর তড়িতের প্রকৃতি ধনাত্মক কি ঋণাত্মক পরীক্ষা করিতে হইলে তড়িৎবীক্ষণ যন্ত্রকে পূর্ব হইতে অন্য উপায়ে কোন জানিত আধানে (known charge) তড়িৎগ্রস্ত করিয়া লইতে হইবে। ধর, তড়িৎবীক্ষণকে ধনাত্মক তড়িতে আহিত করা হইল। তখন উহার স্বর্ণপত্র দুইটি ফাঁক হইয়া থাকিবে। এখন পরীক্ষাধীন বস্তুকে D চাকতির কাছে আন। ইহাতে পাতা দুইটির ফাঁক যদি আরো বাড়িয়া যায় তবে বুঝিতে হইবে বস্তুতে তড়িৎবীক্ষণের সমজাতীয় তড়িৎ আছে অর্থাৎ উহাতে ধনাত্মক তড়িৎ আছে। আর যদি পাতা দুইটির ফাঁক না বাড়িয়া কমিয়া যায় তবে বুঝিতে হইবে যে উহাতে তড়িৎবীক্ষণের বিপরীত জাতীয় তড়িৎ আছে অর্থাৎ উহাতে ঋণাত্মক তড়িৎ আছে।

প্রশ্ন ৩। স্বর্ণ-পত্র তড়িৎবীক্ষণের একটি চিত্র আঁক এবং বিভিন্ন অংশের নাম লিখ। (কোন বর্ণনা নিষ্প্রয়োজন)

একটি অন্তরিত পরিবাহীর তড়িতের প্রকৃতি এই যন্ত্রের সাহায্যে কিরূপে নির্ণয় করা যায় ?

'বিকর্ষণ তড়িতাহিতের প্রকৃষ্ট প্রমাণ'—ইহা ব্যাখ্যা কর।

[Give the diagram of a gold-leaf electroscope with index of parts (no description is necessary). [H. S. Exam., 1965]

How the instrument is used to test the nature of charge on an insulated conductor ?

Repulsion is the surer test of electrification. Explain.]
[H. S. Exam , 1960]

উঃ। প্রথম ও দ্বিতীয়াংশ : 2নং প্রশ্নের উত্তর দেখ।

শেষাংশ : আমরা জানি যে সমতড়িতের ভিতর বিকর্ষণ ও বিষম তড়িতের ভিতর আকর্ষণ হয়। আবার, তড়িৎগ্রস্ত বস্তু তড়িৎবিহীন বস্তুকেও আকর্ষণ করে। সুতরাং কোন বস্তু তড়িতাহিত কিনা আকর্ষণ লক্ষ্য করিয়া স্পষ্ট বোঝা যায় না—বিকর্ষণ দ্বারা বোঝা যায়।

ধর, A বস্তুকে অন্য একটি তড়িৎগ্রস্ত বস্তু B-এর সম্মুখে আনিলে আকর্ষণ লক্ষিত হইল। A বস্তু এস্থলে তড়িৎগ্রস্ত কিনা সে সম্বন্ধে কোন স্থির সিদ্ধান্ত করা সম্ভব নয়; কারণ A বস্তু তড়িৎগ্রস্ত হইতে পারে, আবার তড়িৎবিহীনও হইতে পারে। উভয় ক্ষেত্রেই আকর্ষণ লক্ষিত হইবে।

কিন্তু যদি বিকর্ষণ লক্ষিত হইত তবে A-বস্তু যে তড়িৎগ্রস্ত সে সম্বন্ধে কোন সন্দেহ থাকিত না। কারণ বিকর্ষণ একমাত্র সমতড়িতের ভিতর ছাড়া অন্য কোন ক্ষেত্রে হয় না। সুতরাং A বস্তুতে B-এর সমতড়িৎ বর্তমান —অর্থাৎ A-বস্তু তড়িৎগ্রস্ত।

এইজন্য বলা হয় যে বিকর্ষণই তড়িতাহিতের প্রকৃষ্ট প্রমাণ।

প্রশ্ন ৪। ইলেকট্রন কাহাকে বলে? তড়িতের ইলেকট্রনীয় মতবাদ সংক্ষেপে বুঝাইয়া দাও। ঘর্ষণজাত তড়িতের ব্যাখ্যা এই মতবাদ দ্বারা কিরূপে করা হয়?

[What is an electron? Explain briefly the electronic theory of electrification. How would you explain frictional electricity with this theory?] [H. S. (Comp.), 1960]

উঃ। ইলেক্ট্রনীয় মতবাদ তাড়িৎ সংক্রান্ত সর্বাধুনিক মতবাদ। এই মতবাদ অনুযায়ী পদার্থের পরমাণু ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র তড়িৎগ্রস্ত কণিকা দ্বারা গঠিত। এই তড়িতের পরিমাণ ন্যূনতম। এই ন্যূনতম তড়িতের পরিমাণকে ঋণাত্মক অবস্থায় বলা হয় ইলেক্ট্রন এবং ধনাত্মক অবস্থায় বলা হয় প্রোটন।

প্রায় সব পরমাণুর ভর একটি কেন্দ্রকে (nucleus) সন্নিবিষ্ট; এই কেন্দ্রকের তড়িৎ ধনাত্মক এবং ইহার পরিমাণ সর্বদা প্রোটনের গুণিতক। গ্রহগুলি যেমন সূর্যকে প্রদক্ষিণ করিয়া সর্বদা ঘূর্ণমান সেইরূপ পরমাণুর কেন্দ্রককে প্রদক্ষিণ করিয়া সতত ঘূর্ণমান হইতেছে নির্দিষ্ট সংখ্যায় ইলেকট্রন। এই ইলেকট্রনগুলির মোট ঋণাত্মক তড়িতের পরিমাণ কেন্দ্রকে অবস্থিত মোট ধনাত্মক তড়িতের সমান। তাই সাধারণ অবস্থায় একটি পূর্ণ পরমাণু নিস্তড়িৎ। যেমন, একটি পূর্ণ পরমাণুর কেন্দ্রকে যদি তিনটি প্রোটন থাকে তবে তাহাকে প্রদক্ষিণ করিবে তিনটি ইলেকট্রন।

কখন কখন দুই বা ততোধিক পরমাণুর ভিতর ইলেকট্রনের আদান-প্রদান হয়। যে-পরমাণু হইতে ইলেকট্রন চলিয়া যাইবে তাহার ধনাত্মক তড়িতের পরিমাণ বাড়তি হইবে এবং যে-পরমাণু ইলেকট্রন গ্রহণ করিবে তাহার ঋণাত্মক তড়িতের পরিমাণ বাড়তি হইবে। এই অবস্থায় পরমাণু দুইটি তড়িৎগ্রস্ত হইয়া পড়িবে ; প্রথমটি ধনাত্মক এবং দ্বিতীয়টি ঋণাত্মক তড়িৎ পাইবে। ইহাকেই সংক্ষেপে তড়িৎসংক্রান্ত ইলেকট্রনীয় মতবাদ বলে।

প্রোটন ও ইলেকট্রনে বিপরীত তড়িৎ আছে, তাই প্রোটনের আকর্ষণে ইলেকট্রন পরমাণুতে আবদ্ধ থাকে। কিন্তু সব পদার্থে এই আকর্ষণী শক্তি সমান নয়। যে পদার্থে এই শক্তি একটু শিথিল তাহা হইতে সহজে ইলেকট্রনকে মুক্ত করা সম্ভব।

কাচদণ্ডকে রেশম দিয়া ঘষিলে কাচের পরমাণু হইতে ইলেকট্রন মুক্ত হইয়া রেশমে সংযুক্ত হয়, কারণ কাচে আকর্ষণী শক্তি অপেক্ষাকৃত কম। কাচের ইলেকট্রনের ঘাটতির জন্য উহা ধনাত্মক তড়িৎ পায় ; অন্য পক্ষে রেশমে ইলেকট্রন বাড়তি হওয়ায় উহাতে ঋণাত্মক তড়িতের উদ্ভব হয়। তাছাড়া এক বস্তু যে-কয়টি ইলেকট্রন হারাইবে অন্য বস্তু ঠিক সেই কয়টি লাভ করিবে। ফলে উভয়ের তড়িৎ-পরিমাণ সমান হয়। এইজন্য আমরা দেখিতে পাই যে ঘর্ষণে সমান ও বিপরীত তড়িতের উৎপত্তি হয়।

প্রশ্ন ৫। যখন দুইটি বস্তুকে পরস্পরের সহিত ঘর্ষণ করা হয় তখন একটি বস্তু ধনাত্মক তড়িৎ এবং অপর বস্তু ঋণাত্মক তড়িৎ পায়। ইলেকট্রন বিনিময়ের সাহায্যে এই ঘটনা ব্যাখ্যা কর।

পরিবাহী এবং অন্তরকের মধ্যে পার্থক্য কি? দুইটি উত্তম পরিবাহী এবং দুইটি উত্তম অন্তরকের নাম উল্লেখ কর।

[When two bodies are rubbed together, one acquires a positive charge and the other a negative charge. Explain this in terms of electron transfer.

What distinguishes a conductor from an insulator ? Name two good conductors and two good insulators.]

[H. S. (Comp.), 1963]

উঃ। প্রথমাংশ : ৪নং প্রশ্নের শেষের অংশ দ্রষ্টব্য।

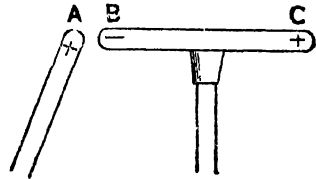
দ্বিতীয়াংশ : ১ নং প্রশ্ন দ্রষ্টব্য।

উত্তম পরিবাহী : (১) তামা, (২) রূপা।

উত্তম অন্তরক : (১) বেকেলাইট (২) পোর্সিলেন।

****প্রশ্ন ৬। তড়িতাবেশ কাহাকে বলে ? আবিষ্ট তড়িতের প্রকৃতি কিরূপে নির্ণয় করিবে ? আবেশের ফলে একই সঙ্গে সমপরিমাণ বিপরীত তড়িৎ সৃষ্টি হয় তাহা পরীক্ষা দ্বারা বুঝাইয়া দাও।**

[What is electrostatic induction ? How would you determine the nature of charge produced by induction ? Experimentally prove that induction produces equal and opposite charges simultaneously.] [H. S. Exam., 1961, '64 (Comp.)

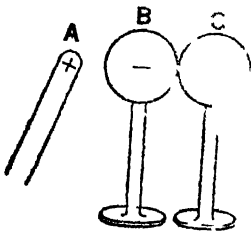
উঃ। তড়িতাবেশ : A একটি কাচদণ্ড। উহাকে রেশম দিয়া ঘষিয়া তড়িৎগ্রস্ত কর। অতঃপর উহাকে একটি অন্তরিত (insulated) নিস্তড়িৎ পরিবাহী BC-র কাছে আন (41নং চিত্র)। এইবার একটি আধান-পরীক্ষককে (proof plane) B প্রান্তে স্পর্শ করাইয়া তড়িৎবীক্ষণ যন্ত্রের সাহায্যে আধান-পরীক্ষককে পরীক্ষা কর। দেখিবে উহাতে তড়িতাধান আসিয়াছে। আধান-পরীক্ষককে নিস্তড়িৎ কর এবং C প্রান্তে স্পর্শ করাও। উহাকে পুনরায় পূর্বের মত পরীক্ষা কর। দেখিবে C প্রান্তেও তড়িতাধান আসিয়াছে। কিন্তু BC পরিবাহীর মধ্যস্থলে ঐরূপ পরীক্ষা করিলে কোন তড়িতের অস্তিত্ব দেখা যাইবে না।

চিত্র নং 41

এইরূপ একটি তড়িৎগ্রস্ত বস্তুর উপস্থিতিতে অন্য একটি পরিবাহীর দুই প্রান্তে তড়িতের উদ্ভবকে তড়িতাবেশ বলে। উদ্ভূত তড়িতকে বলা হয় আবিষ্ট তড়িৎ (induced charge) এবং কাচদণ্ডের তড়িৎকে (যাহা আবেশ সৃষ্টি করিল) বলা হয় আবেশী তড়িৎ (inducing charge)। পরিবাহীর মধ্যস্থলে কোন তড়িৎ না থাকায় উহাকে উদাসীন অঞ্চল (neutral region) বলা হয়।

আবিষ্ট তড়িতের প্রকৃতি নির্ণয় : মনে কর পূর্বের পরীক্ষায় কাচদণ্ডকে ঘর্ষণ করিয়া ধনাত্মক তড়িৎ উৎপন্ন করা হইল এবং উহাকে BC পরিবাহীর

সম্মুখে রাখা হইল। এইবার একটি আধান পরীক্ষককে B প্রান্তে ছোঁয়াইয়া ঋণাত্মক তড়িতে আহিত একটি তড়িৎবীক্ষণ যন্ত্রের কাছে লইয়া যাও। দেখিবে ফাঁক হওয়া পাত দুইটি আরো বেশী ফাঁক হইবে। অর্থাৎ B প্রান্তে ঋণাত্মক তড়িৎ আবিষ্ট হইয়াছে। আধান-পরীক্ষকটি নিস্তড়িৎ করিয়া C প্রান্তে স্পর্শ করাও এবং একটি ধনাত্মক তড়িতে আহিত তড়িৎবীক্ষণ যন্ত্রের কাছে লও। এবারও দেখিবে যে পাতা দুইটি আরো বেশী ফাঁক হইল। সুতরাং C প্রান্তে ধনাত্মক তড়িৎ আবিষ্ট হইয়াছে।

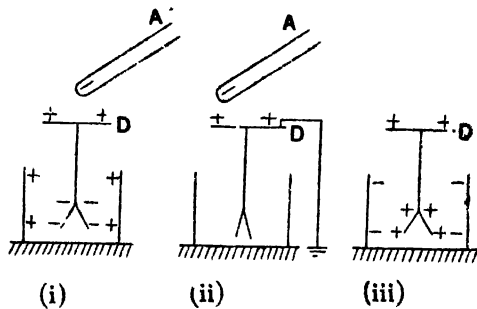
যদি ধনাত্মক তড়িৎগ্রস্ত কাচদণ্ডের পরিবর্তে একটি ঋণাত্মক তড়িৎগ্রস্ত এবোনাইট দণ্ড লইয়া উপরোক্ত পরীক্ষা করা হয় তবে দেখা যাইবে যে B প্রান্তে ধনাত্মক এবং C প্রান্তে ঋণাত্মক তড়িৎ আবিষ্ট হইয়াছে। অর্থাৎ নিস্তড়িৎ পরিবাহীর যে প্রান্ত আহিত (charged) বস্তুর নিকটতম তাহাতে আহিত বস্তুর বিপরীত এবং দূরতম প্রান্তে আহিত বস্তুর সমতড়িৎ-আবিষ্ট হইবে। মাঝখানে কোন তড়িৎ আবিষ্ট হইবে না।

একই আকারের দুইটি ধাতব গোলক B ও C লইয়া দুইটি অন্তরক (insulator) হাতলের উপরে বসাও এবং পরস্পরকে স্পর্শ করিয়া রাখ। B গোলকের সম্মুখে একটি ধনাত্মক তড়িৎগ্রস্ত দণ্ড A রাখ। ইহাতে তড়িতাবেশ সৃষ্টি হইবে। তড়িতাবেশের নিয়মানুযায়ী নিকটতম গোলক B-তে ঋণাত্মক ও দূরতম গোলক C-তে ধনাত্মক তড়িৎ আবিষ্ট হইবে (42 নং চিত্র)। এইবার দণ্ডকে যথাস্থানে রাখিয়া C-গোলক সরাইয়া আন এবং তড়িৎবীক্ষণ যন্ত্রের সাহায্যে পরীক্ষা কর। উহাতে ধনাত্মক তড়িৎ আছে দেখা যাইবে। B-কে পরীক্ষা কর। উহাতে ঋণাত্মক তড়িৎ ধরা পড়িবে। উহাদের পুনরায় স্পর্শ করাইয়া রাখ। এখন A-দণ্ড সরাইয়া লও। এইবার গোলক দুইটিকে আলাদা ভাবে পরীক্ষা কর। দেখিবে উহাদের কোনটিতেই আর তড়িৎ নাই। উহাদের তড়িৎ

চিত্র নং 42

কোথায় গেল ? উহাদের বিপরীত তড়িৎ পরস্পরকে প্রশমিত (neutralised) করিল। সুতরাং ঐ বিপরীত তড়িতের পরিমাণ সমান ; নতুবা প্রশমন (neutralisation) হয় কি করিয়া ? এই পরীক্ষা হইতে প্রমাণ হয় যে আবেশের ফলে একসঙ্গে উভয় প্রকার তড়িৎ সমপরিমাণে সৃষ্টি হয়।

প্রশ্ন ৭। আবেশের দ্বারা স্বর্ণ-পত্র তড়িৎবীক্ষণ যন্ত্রকে কিরূপে আহিত করিবে ?

[How would you charge a gold-leaf electroscope by induction ?] [H. S. Exam., 1962, '65]

উঃ। ধর, তড়িৎবীক্ষণ যন্ত্রকে ধনাত্মক তড়িতে আহিত করিতে হইবে। এইজন্য একটি ঋণাত্মক তড়িৎগ্রস্ত দণ্ড A-কে তড়িৎবীক্ষণ যন্ত্রের চাকতি D-র নিকটে ধর [42 (i) নং চিত্র]। আবেশের ফলে চাকতিতে ধনাত্মক এবং স্বর্ণ-পত্র দুইটিতে ঋণাত্মক তড়িতের উদ্ভব হইবে। পাতা দুইটি সমতড়িৎ পাইয়া বিকর্ষণের ফলে ফাঁক হইয়া যাইবে। পাতার তড়িৎ আবার টিনের পাতে ধনাত্মক তড়িৎ আবিষ্ট করিবে। এই

চিত্র নং 42

দুই বিপরীত আধানের আকর্ষণে পাতা দুইটির ফাঁক একটু বৃদ্ধি পাইবে। এখন হাত দিয়া D চাকতি স্পর্শ করিয়া উহাকে ভূ-সংলগ্ন করিলে পাতার মুক্ত আধান (free charge) তৎক্ষণাৎ মাটিতে চলিয়া যাইবে এবং পাতা দুইটি পুনরায় একসঙ্গে জোড়া লাগিবে [42 (ii) নং চিত্র]।

এইবার হাত সরাইয়া লও এবং A দণ্ড সরাইয়া লও। চাকতির বদ্ধ ধনাত্মক আধান (bound positive charge) এখন যন্ত্রের সর্বত্র ছড়াইয়া পড়িবে। পাতা দুইটিও এই আধান পাইয়া পুনরায় ফাঁক হইয়া যাইবে

[42 (iii) নং চিত্র]। এইভাবে সমগ্র যন্ত্রটি ধনাত্মক আধানে আহিত হইবে।

তড়িৎবীক্ষণ যন্ত্রকে ঋণাত্মক তড়িৎগ্রস্ত করিতে হইলে A-দণ্ডকে ধনাত্মক তড়িৎগ্রস্ত করিয়া উপরোক্ত প্রক্রিয়া অবলম্বন করিতে হইবে।

প্রশ্ন ৮। চিত্রসহযোগে একটি স্বর্ণ-পত্র তড়িৎবীক্ষণ যন্ত্র বর্ণনা কর।

একটি তড়িৎবীক্ষণ যন্ত্রকে (ক) ঘর্ষণ, (খ) পরিবহণ এবং (গ) আবেশ পদ্ধতি দ্বারা আহিত করা হইল। প্রত্যেক ক্ষেত্রে কিরূপ তড়িতের উদ্ভব হইবে তাহা কারণসহ ব্যাখ্যা কর।

[Describe, giving a neat diagram, a gold-leaf electroscope.

An electroscope is charged by (a) Friction (b) Conduction and (c) Induction. State, giving reasons, the nature of charge developed in each case.] [H. S. Exam. 1962]

উঃ। প্রথমাংশ : ২নং প্রশ্ন দ্রষ্টব্য।

দ্বিতীয়াংশ : (ক) এক টুকরা রেশমী কাপড় দিয়া স্বর্ণ-পত্র তড়িৎবীক্ষণের D ধাতব চাকতিকে ঘর্ষণ করিলে তড়িতের সঞ্চার হইবে। এক্ষেত্রে ধাতব চাকতিতে ঋণাত্মক তড়িতের উদ্ভব হইয়া সমস্ত যন্ত্রে ছড়াইয়া পড়িবে এবং স্বর্ণ-পত্রদ্বয়ও ঋণাত্মক তড়িৎ পাইয়া বিস্ফারিত হইবে। এই অবস্থায় বলা হইবে যে স্বর্ণ-পত্র তড়িৎবীক্ষণকে ঘর্ষণ পদ্ধতিতে ঋণাত্মক তড়িতে আহিত করা হইল। তেমনি রেশমী কাপড়ের পরিবর্তে উপযুক্ত অন্য কোন বস্তু দ্বারা ঘর্ষণ করিয়া তড়িৎবীক্ষণকে ধনাত্মক তড়িতেও আহিত করা যায়।

(খ) একটি কাচদণ্ডকে সিল্ক দ্বারা ঘর্ষণ করিলে কাচদণ্ডে ধনাত্মক তড়িতের উদ্ভব হইবে। এখন ঐ কাচ-দণ্ডকে স্বর্ণ-পত্র তড়িৎবীক্ষণ যন্ত্রের D ধাতব চাকতির সহিত স্পর্শ করাইলে কাচদণ্ডের কিছু তড়িৎ তড়িৎবীক্ষণ যন্ত্রে পরিবাহিত হইবে। স্বর্ণ-পত্র দুইটি এই তড়িৎ পাইয়া বিকর্ষণের ফলে বিস্ফারিত হইবে। এই অবস্থায় বলা হইবে যে স্বর্ণ-পত্র তড়িৎবীক্ষণ যন্ত্র পরিবহণ পদ্ধতি

দ্বারা ধনাত্মক তড়িতে আহিত হইল। এই পদ্ধতিতে তড়িৎবীক্ষণ যন্ত্রকে ঋণাত্মক তড়িতেও আহিত করা যায়।

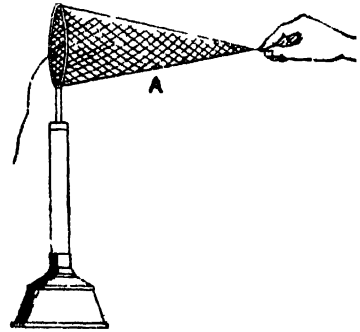
(গ) ৭নং প্রশ্ন দ্রষ্টব্য।

***প্রশ্ন ৯। আহিত পরিবাহীর আধান পরিবাহীর উপর পৃষ্ঠে অবস্থান করে ইহা পরীক্ষার দ্বারা প্রমাণ কর।**

[Prove experimentally that charge resides on the outer surface of an electrified conductor.] **[H. S. Exam., 1964, '65]**

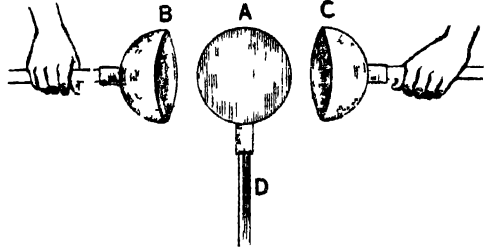
উঃ। নিম্নবর্ণিত পরীক্ষাগুলির দ্বারা প্রমাণ করা যায় যে কোন আহিত পরিবাহীর আধান সর্বদা পরিবাহীর উপর-পৃষ্ঠে অবস্থান করে।

(i) ফ্যারাডের Butter-fly জাল পরীক্ষা :

একটি সূতার জাল A-কে একটি স্তম্ভের সহিত আটকানো হইল। জালটির একপ্রান্তে দুইটি সিল্কের সূতা আটকানো আছে। ঐ সূতা টানিলে জালকে উল্টাইয়া ভিতরের পিঠ বাহিরে আনা যায় (43 নং চিত্র)। জালকে তড়িৎ-গ্রস্ত করিয়া একটি আধান-পরীক্ষক ও তড়িৎবীক্ষণ যন্ত্রের সাহায্যে জালের উপর পিঠ এবং ভিতরের পিঠ পরীক্ষা কর। দেখিবে ভিতরের পিঠে কোন আধান নাই; আধান বাহিরের পিঠে আছে এইবার জালকে উল্টাইয়া ফেল পুনরায় আধান-পরীক্ষক ও তড়িৎবীক্ষণের দ্বারা পরীক্ষা করিলে দেখা যাইবে যে তড়িৎ আবার বাহিরের পিঠে আসিয়াছে; ভিতরের পিঠে নাই।

চিত্র নং 43

(ii) Biot-এর পরীক্ষা : A একটি ধাতুনির্মিত গোলক অন্তরিত হাতল D-এর উপর বসানো। ধাতুনির্মিত অপর দুইটি অর্ধগোলক B ও C অন্তরিত হাতল দ্বারা দুইদিক হইতে A গোলককে আবৃত করিতে পারে

(44 নং চিত্র)। A-গোলককে তড়িতাহিত করিয়া B ও C দ্বারা উহাকে সম্পূর্ণ আবৃত কর কিন্তু উহাদের ভিতর যেন কোন সংযোগ না হয় অর্থাৎ B ও C যেন A-গোলককে স্পর্শ না করে। এইবার B ও Cকে সরাইয়া আনিয়া উহাদের এবং A-গোলককে পৃথগ্‌ভাবে পরীক্ষা করিলে দেখা যাইবে যে B ও C পূর্বের

চিত্র নং 44

ন্যায় তড়িৎবিহীনই আছে এবং A-গোলক তড়িৎগ্রস্ত আছে। এইবার পুনরায় B ও C কর্তৃক A গোলককে আবৃত করিয়া উহাদের ভিতর সংযোগ ঘটাও। অর্ধগোলক দুইটি সরাইয়া আনিয়া তড়িৎবীক্ষণে পরীক্ষা করিলে দেখা যাইবে যে A-গোলকের তড়িৎ অর্ধগোলক দুইটিতে চলিয়া আসিয়াছে। অর্ধগোলক দুইটি বসাইবার পর উহারা এবং A-গোলকটি মিলিয়া একটি একক পরিবাহীর সৃষ্টি করে এবং আধান এই সংযুক্ত পরিবাহীর উপরের পিঠে চলিয়া আসে, ভিতরে থাকে না।

এই পরীক্ষাগুলির দ্বারা ইহাই প্রমাণিত হয় যে আহিত পরিবাহীর আধান সর্বদা পরিবাহীর উপর পৃষ্ঠে অবস্থান করে।

প্রশ্ন ১০। কোন পরিবাহীর আধানকে বহুক্ষণ ধরিয়া রাখিতে হইলে পরিবাহীকে তীক্ষ্ণাগ্রযুক্ত না করিয়া গোলাকার করা হয় কেন? সূচীমুখ পরিবাহীর ক্রিয়া সম্বন্ধে কয়েকটি পরীক্ষা বর্ণনা কর।

[Explain why a conductor which is required to retain a charge for a long time should be rounded and without a sharp point. Describe some experiments illustrating the action of sharp points on a conductor.] [H. S. Exam., 1964]

Or

স্থির তড়িৎ-সংক্রান্ত 'সূচীমুখ ক্রিয়া' বর্ণনা ও ব্যাখ্যা কর। উহা প্রদর্শন করাইবার একটি পরীক্ষামূলক ব্যবস্থা বর্ণনা কর।

[Describe and explain the 'action of points' in an electrostatic phenomenon and briefly mention a practical demonstration of the same.] [H. S. Exam. (Comp.), 1962, '66]

উঃ। আমরা জানি যে কোন পরিবাহীকে তড়িতাহিত করিলে আধান পরিবাহীর উপর পৃষ্ঠে অবস্থান করে। পরীক্ষা করিয়া দেখা গিয়াছে যে পরিবাহীর উপর পৃষ্ঠে কোথাও বক্রতা থাকিলে সেই স্থানে বেশী পরিমাণ আধান জমা হয় এবং কোথাও সূক্ষ্মাগ্র বা সূচীমুখ (pointed end) থাকিলে তথায় আধানের পরিমাণ সর্বাধিক হয়। অল্প পরিমাণ স্থানে বেশী পরিমাণ আধান জমা হওয়ায়, উহাদের ভিতর বিকর্ষণ বল বৃদ্ধি পায় এবং কিছু আধান সূচীমুখ দিয়া ক্ষরিত (discharged) হইয়া চতুষ্পার্শ্বস্থ মাধ্যমে ছড়াইয়া পড়ে। এইভাবে ক্রমশঃ ক্ষরণক্রিয়ার ফলে পরিবাহী ধীরে ধীরে নিস্তড়িৎ হইয়া পড়ে। কিন্তু পরিবাহী গোলাকার হইলে উহার উপর পৃষ্ঠের বক্রতা সর্বত্র সমান হয় এবং আধানও সর্বত্র সমভাবে ছড়াইয়া পড়ে; কোথাও বেশী পরিমাণ জমা হয় না এবং ক্ষরণক্রিয়াও হইতে পারে না। এই কারণে গোলাকার পরিবাহী বহুক্ষণ আধান ধরিয়া রাখিতে পারে।

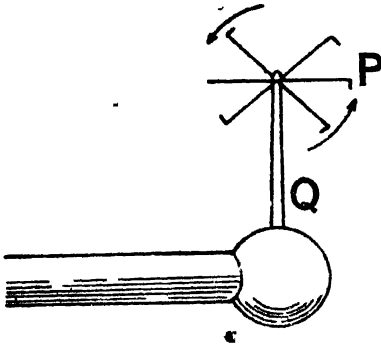
নিম্নবর্ণিত পরীক্ষা হইতে সূচীমুখ পরিবাহীর ক্রিয়া সহজে বোঝা যাইবে :—

(i) তড়িৎ-চক্র (Electric whirl)

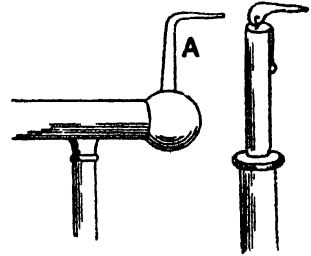
তড়িৎযন্ত্রের মূল পরিবাহীতে একটি ধাতু নির্মিত দণ্ডের (Q) মাথায় একটি হালকা চক্র (P) লাগানো আছে। তড়িৎ-যন্ত্রের দ্বারা চক্রকে তীব্র আধানে আহিত কর। সঙ্গে সঙ্গে দেখিবে যে চক্র তীরচিহ্নের দিকে ঘুরিতে আরম্ভ করিয়াছে (45 নং চিত্র)। ইহা সূচীমুখ পরিবাহীর ক্রিয়ার উদাহরণ। কারণ চক্রের প্রত্যেক সূচীমুখ হইতে তড়িৎ ক্ষরিত হইয়া

বায়ুকণাগুলিকে সমজাতীয় তড়িতে আহিত করে। ইহাতে বায়ুকণাগুলি বিকর্ষিত হইয়া স্রোতের সৃষ্টি করে এবং এই স্রোতের প্রতিক্রিয়ায় চক্র বিপরীত দিকে ঘুরিতে থাকে।

চিত্র নং 45

(ii) তড়িৎ বাত্যা (**Electric wind**) :

পূর্ববর্ণিত তড়িৎ-যন্ত্রের মূল পরিবাহীতে একটি সূক্ষ্মাগ্র শলাকা A লাগানো আছে এবং শলাকার মুখে একটি মোমবাতির শিখা রাখা হইয়াছে (46 নং চিত্র)। যন্ত্র চালাইয়া শলাকাকে তীব্র আধানে আহিত করিলে দেখা যাইবে দীপশিখা সূচীমুখের বিপরীত দিকে হেলিয়া পড়িয়াছে। ইহার কারণ এই যে সূচীমুখে খুব বেশী আধান জমা হওয়ায় উহা হইতে আধান ক্ষরিত হইয়া নিকটস্থ বায়ু-কণাগুলিকে সমজাতীয় তড়িতে আহিত করে। তখন বিকর্ষণের ফলে বায়ু-কণাগুলি সূচীমুখের বিপরীত দিকে চলিয়া যায় এবং নূতন বায়ুকণা ঐ

চিত্র নং 46

শূন্যস্থান অধিকার করে। ঐ বায়ুকণাগুলিও পরক্ষণেই আহিত হইয়া একই দিকে প্রবাহিত হইবে এবং এইভাবে একটি বায়ুস্রোত বা বাত্যার সৃষ্টি করিবে। এই বাত্যার পথে দীপশিখা থাকায় দীপশিখা হেলিয়া পড়ে।

প্রশ্ন ১১। একটি অসম আকৃতির ফাঁপা ধাতব বস্তুর গায়ে একটি ক্ষুদ্র ছিদ্র আছে। উহাকে তড়িতাহিত করিয়া একটি অন্তরিত আসনে বসানো হইল। একটি স্বর্ণ-পত্র তড়িৎবীক্ষণ যন্ত্র এবং আধান পরীক্ষকের সাহায্যে তুমি ঐ বস্তুর পৃষ্ঠে আধান বণ্টন

পরীক্ষা করিতেছ। নিম্নলিখিত ক্ষেত্রে আধান পরীক্ষক তড়িতাধার সংগ্রহ করিলে তড়িৎবীক্ষণ যন্ত্রের স্বর্ণ-পত্রের বিস্ফারণ কিরূপ পরিবর্তিত হইবে তাহা বর্ণনা কর :—

(ক) বস্তুর চ্যাপ্টা তল হইতে (খ) বস্তুর তীক্ষ্ণাগ্র অংশ হইতে, (গ) বস্তুর অভ্যন্তর হইতে।

[A hollow metallic body of irregular shape has a small hole. It is electrically charged and kept on an insulating stand. You are testing the distribution of charge on it with the help of a gold-leaf electroscope and a proof-plane. State how the divergence of the electroscope will change when the proof-plane collects charge from (*a*) a flat portion of the surface, (*b*) a pointed portion of the surface, (*c*) inside the hollow.] [H. S. Exam., 1963]

উঃ। (ক) পরিবাহীর তলের চ্যাপ্টা অংশ হইতে আধান সংগ্রহ করিলে আধানের পরিমাণ খুব কম হইবে কারণ চ্যাপ্টা অংশে আধানের তলমাত্রিক ঘনত্ব (surface density) খুব কম। সুতরাং তড়িৎবীক্ষণের স্বর্ণ-পত্রের বিস্ফারণ খুব কম হইবে।

(খ) পরিবাহীর তলের তীক্ষ্ণাগ্র অংশ হইতে আধান সংগ্রহ করিলে আধানের পরিমাণ খুব বেশী হইবে কারণ তীক্ষ্ণাগ্র অংশে আধানের তলমাত্রিক ঘনত্ব খুব বেশী। সুতরাং তড়িৎ-বীক্ষণ যন্ত্রের স্বর্ণ-পত্র দুইটির বিস্ফারণ খুব বেশী হইবে।

(গ) ফাঁপা বস্তু আহিত হইলে ভিতরের অংশে কোন তড়িতাধান থাকে না; আধান সর্বদা উপরতলে থাকে। সুতরাং ফাঁপা অংশ হইতে আধান সংগ্রহ করিলে কোন আধানই পাওয়া যাইবে না। কাজেই স্বর্ণ-পত্রদ্বয়ের কোন বিস্ফারণ লক্ষিত হইবে না।

প্রশ্ন ১২। নিম্নলিখিত ক্ষেত্রে কি দেখা যাইবে বর্ণনা কর :—

(i) যখন একটি ধনাত্মক তড়িৎযুক্ত দণ্ডকে একটি স্বর্ণ-পত্র তড়িৎবীক্ষণ যন্ত্রের চাকতির কাছে আনা হইল।

[When a positively charged insulated conductor is brought near the cap of a gold-leaf electroscope.]

(ii) চাকতিটি ক্ষণেকের জন্য হাত দিয়া স্পর্শ করা হইল এবং পরে দণ্ডটি সরাইয়া লওয়া হইল।

[When the cap is momentarily touched and the charged conductor is then removed.]

(iii) তড়িৎযুক্ত দণ্ডটি পুনরায় চাকতির নিকটে আনা হইল এবং চাকতির সহিত স্পর্শ করানো হইল।

[When the charged rod is again brought up to the electroscope and made to touch the cap.]

উঃ। ধনাত্মক তড়িৎযুক্ত দণ্ডকে স্বর্ণ-পত্র তড়িৎবীক্ষণ যন্ত্রের চাকতির কাছে আনা হইলে আবেশের সৃষ্টি হইবে এবং তাহার ফলে চাকতিতে ঋণাত্মক তড়িৎ এবং পাতা দুইটিতে ধনাত্মক তড়িৎ আবিষ্ট হইবে। কাজেই পাতা দুইটি বিস্ফারিত (diverge) হইবে।

(ii) চাকতিকে ক্ষণকালের জন্য হাত দিয়া স্পর্শ করিলে সমস্ত যন্ত্র ভূ-সংলগ্ন (earthed) হইবে এবং তাহার দরুন স্বর্ণপত্রে আবিষ্ট মুক্ত ধনাত্মক আধান মাটিতে চলিয়া যাইবে ও পাতা দুইটি নিমীলিত (collapsed) হইবে। কিন্তু চাকতির বদ্ধ ঋণাত্মক আধান ঠিকই থাকিবে। এখন দণ্ড সরাইয়া লইলে চাকতির বদ্ধ ঋণাত্মক আধান যন্ত্রের সবত্র ছড়াইয়া পড়িবে। স্বর্ণ-পত্র দুইটিও ঐ আধান পাইয়া পুনরায় বিস্ফারিত হইবে—অর্থাৎ তড়িৎবীক্ষণ যন্ত্র ঋণাত্মক তড়িতে আহিত হইবে।

(iii) দণ্ডকে পুনরায় চাকতির নিকট আনা হইলে আবার আবেশের সৃষ্টি হইবে এবং পাতা দুইটিতে ধনাত্মক তড়িতের উদ্ভব হইবে। কিন্তু পাতা দুইটিতে পূর্ব হইতে ঋণাত্মক তড়িৎ থাকায়, উভয় উভয়কে ধীরে ধীরে প্রশমিত করিবে। সুতরাং পাতা দুইটিও ধীরে ধীরে নিমীলিত হইবে। যখন দণ্ড চাকতিকে স্পর্শ করিবে তখন দণ্ডের ধনাত্মক তড়িৎ ও তড়িৎবীক্ষণ যন্ত্রের ঋণাত্মক তড়িৎ উভয়কে সম্পূর্ণ প্রশমিত করিবে এবং পাতা দুইটি সম্পূর্ণ নিমীলিত হইবে। যন্ত্রটি তখন সম্পূর্ণ নিস্তড়িৎ হইয়া যাইবে।

প্রশ্ন ১৩। বায়ুমণ্ডল তড়িৎগ্রস্ত হইবার কারণ কি? বিদ্যুৎ-ঝলক ও বজ্রপাত কখন হয়? বজ্রপাত হইতে বাড়ী রক্ষা করিবার উপায় কি?

[What is the reason of the atmosphere being charged? Why do thunder and lightning take place? How can a building be protected against thunder?]

উঃ। বায়ুমণ্ডলে বা মেঘে যে জলকণাগুলি থাকে তাহারা প্রায়ই তড়িৎগ্রস্ত অবস্থায় থাকে। ইহার নানারকম কারণ বিজ্ঞানিগণ দেখাইয়াছেন। সূর্য হইতে নির্গত অতি-বেগুনী রশ্মি (ultra-violet ray), মহাজাগতিক রশ্মি (cosmic ray), তেজস্ক্রিয় (radio-active) পদার্থ হইতে নির্গত রশ্মি, পৃথিবীতে অবস্থিত নানাপ্রকার তড়িৎযন্ত্র হইতে ক্ষরিত তড়িৎ ইত্যাদি বায়ুমণ্ডলের কণাগুলিকে সর্বদা তড়িৎগ্রস্ত করে।

যখন দুই খণ্ড তড়িৎগ্রস্ত মেঘ বায়ুস্রোতে ভাসিতে ভাসিতে পরস্পরের খুব কাছাকাছি আসে তখন তাহাদের ভিতর কখন কখন তড়িৎ-ক্ষরণ (electric discharge) হয়। তখন দুই মেঘের ভিতর বিরাট অগ্নিস্ফুলিঙ্গের উৎপত্তি হয়। এই অগ্নিস্ফুলিঙ্গকেই বিদ্যুৎ-ঝলক বলা হয়।

পৃথিবী ও তড়িৎগ্রস্ত মেঘের ভিতর অথবা ভূ-পৃষ্ঠে অবস্থিত কোন উচ্চ বস্তু ও মেঘের ভিতর তড়িৎ-মোক্ষণ হইলে বজ্রপাত হয়। তীব্র তড়িতাহিত কোন মেঘ কোন উচ্চ বস্তুর উপরে আসিলে আবেশের সৃষ্টি করে। তখন উহাদের ভিতর বিভব-প্রভেদ খুব বৃদ্ধি পায় এবং তড়িৎ-মোক্ষণ হয়। ফলে, এক বিরাট অগ্নিস্ফুলিঙ্গ মেঘ হইতে বস্তুতে চলিয়া যায়। ইহাকেই বজ্রপাত বলে।

বজ্রপাত হইতে বাড়ীঘর রক্ষা করিবার জন্য বজ্রনিবারক (lightning arrester) ব্যবহৃত হয়। ইহা একটি লম্বা ধাতব দণ্ড বাড়ীর গা বাহিয়া আটকানো থাকে। ইহার একপ্রান্ত ছাদ ছাড়াইয়া আকাশের দিকে উঁচু করা থাকে এবং অন্যপ্রান্ত একটি ধাতব ফলকের সহিত যুক্ত হইয়া মাটিতে গভীরভাবে পোঁতা থাকে। দণ্ডের উপর প্রান্ত সূচীমুখ। যখন তড়িতাহিত মেঘ বাড়ীর উপরে আসে তখন আবেশের ফলে দণ্ডের উপর প্রান্তে বিপরীত

তড়িৎ আবিষ্ট হয়। ঐ প্রান্ত সূচীমুখ হওয়ায় ঐ স্থান হইতে প্রচুর তড়িৎ মোক্ষণ হইতে থাকে এবং ঐ বিপরীত তড়িৎ বায়ুকণা দ্বারা বাহিত হইয়া মেঘের তড়িৎকে কিছু পরিমাণে প্রশমিত করে। সুতরাং মেঘ ও পৃথিবীর ভিতর বিভব-প্রভেদ তেমন বৃদ্ধি পায় না এবং বজ্রপাতেরও ভয় থাকে না।

প্রশ্ন ১৪। বজ্রনিবারকের কার্যপ্রণালী ব্যাখ্যা কর। বজ্রবিদ্যুতের সময় সুউচ্চ অট্টালিকার নিকটে থাকা নিরাপদ নয় কেন?

[Explain the action of lightning conductors. Why is it not safe to stand near a tall structure during a thunderstorm ?]

[H. S. Exam., 1963 '65 (Comp.), '66]

উঃ। প্রথমাংশ : ১৩নং প্রশ্নের শেষ ভাগ দ্রষ্টব্য

শেষাংশ : বজ্রবিদ্যুতের সময় সুউচ্চ অট্টালিকার কাছে থাকা নিরাপদ নয় কারণ তড়িৎগ্রস্ত মেঘ অট্টালিকার সুউচ্চ ও তীক্ষ্ণাগ্র অংশে বিপরীত আধান আবিষ্ট করে। এই দুই আধানের ভিতর বিভব-পার্থক্য খুব বৃদ্ধি পাইলে, অট্টালিকার উপর বজ্রপাতের সম্ভাবনা থাকে। সুতরাং ঐ অট্টালিকার কাছাকাছি থাকিলে বজ্রাহত হইবার ভয় থাকে।

✓ *প্রশ্ন ১৫। একটি তীব্র তড়িতাহিত বস্তু অন্য একটি ক্ষীণ কিন্তু সমতড়িতাহিত বস্তুকে আকর্ষণ করিতে পারে। ইহা কিরূপে সম্ভব তাহা ব্যাখ্যা কর।

ইলেকট্রনকে তড়িতাধানের স্বাভাবিক একক হিসাবে গণ্য করা হয় কেন? কোন তড়িতের উদ্ভব হইলে সঙ্গে সঙ্গে সমপরিমাণ বিপরীত তড়িতের সৃষ্টি হয় কেন?

[A strongly charged body may attract another body charged weakly with the same kind of electricity. Explain how this is possible. **[H. S. (Comp.) 1965]**

Why is the electron considered as the natural unit of electric charge ? Why is the production of a charge accompanied by the production of an equal and opposite charge ?

[H. S. Exam., 1965]

· উঃ। সমপ্রকার তড়িত পরস্পরকে বিকর্ষণ করে, ইহাই সাধারণ নিয়ম। কিন্তু একটি প্রবল তড়িতগ্রস্ত বস্তুকে সমপ্রকার ক্ষীণ তড়িতগ্রস্ত বস্তুর কাছে আনিলে অনেক সময় আকর্ষণ দেখিতে পাওয়া যায়। ইহার মূল কারণ তড়িতাবেশ। এই ঘটনা নিম্নলিখিতরূপে ব্যাখ্যা করা যায়।

তীব্র তড়িতগ্রস্ত বস্তুকে ক্ষীণ তড়িতাহিত বস্তুর নিকটে আনিলে তড়িতাবেশের নিয়মানুযায়ী ক্ষীণ তড়িতাহিত বস্তুর উপর প্রথম বস্তুর বিপরীত এবং সমপ্রকার তড়িতের আবেশ হইবে। নিকটবর্তী বিপরীত আবিষ্ট আধান খুব জোরালো হওয়ায় উহা দ্বিতীয় বস্তুর নিজস্ব ক্ষীণ তড়িতাধান নষ্ট করিয়া ঐ স্থানে বিপরীত আধানকে প্রতিষ্ঠিত করিবে। তখন তীব্র তড়িৎগ্রস্ত বস্তুর আধান এবং অন্য বস্তুতে বিপরীত আবিষ্ট আধানের ভিতর আকর্ষণ ক্রিয়া করিবে।

দ্বিতীয়াংশ: ইলেকট্রন ঋণাত্মক তড়িতগ্রস্ত কণিকা। ইহা সর্বাপেক্ষা ক্ষুদ্রতম কণিকা এবং ইহার তড়িৎ-পরিমাণও সর্বাপেক্ষা ন্যূনতম। ইহা অপেক্ষা কম তড়িতগ্রস্ত কণিকার কথা আমাদের জানা নাই। তাছাড়া প্রত্যেক পরমাণুর গঠনে ইলেকট্রন অংশ গ্রহণ করে। এই সকল কারণে ইলেকট্রনকে তড়িতাধানের স্বাভাবিক একক হিসাবে গণ্য করা হয়।

শেষাংশ: ঘর্ষণ বা আবেশ—যে কোন পদ্ধতিই হউক না কেন—সর্বদাই সমপরিমাণ ধনাত্মক ও ঋণাত্মক তড়িতের উদ্ভব হয়। ইহার কারণ এই যে ঐ পদ্ধতিতে তড়িতের উদ্ভব ইলেকট্রন অপসারণের দরুন হইয়া থাকে। যে-বস্তুতে তড়িতের উদ্ভব হয় তাহার এক অংশ হইতে ইলেকট্রন সরিয়া অন্য অংশে জমা হয়। যে-অংশে ইলেকট্রনের আধিক্য হয় সেখানে ঋণাত্মক তড়িৎ এবং যে-অংশে ঘাটতি হয় সেখানে ধনাত্মক তড়িতের উদ্ভব হয়। এই ঘটনা অনেকটা শক্তি বা ভরের সংরক্ষণ সূত্রের মত। ইহাকে আমরা তড়িতের সংরক্ষণ সূত্র বলিতে পারি। অর্থাৎ আমরা নতুন তড়িৎ সৃষ্টি করিতে পারি না; আমরা তড়িতের উদ্ভব বলিয়া যাহা দেখি বাস্তবিক পক্ষে তাহা ধনাত্মক ও ঋণাত্মক তড়িতের পৃথকীকরণ।

প্রবাহী তড়িৎ-বিজ্ঞান

প্রথম পরিচ্ছেদ

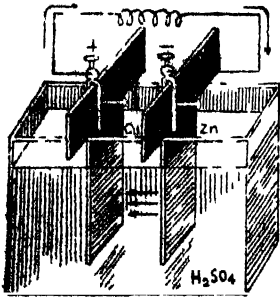
তড়িৎ কোষ ও ওহ্‌মের সূত্র

**প্রশ্ন ১। সরল ভোল্টীয় কোষ কাহাকে বলে? ইহা কিরূপে তড়িৎ-প্রবাহ উৎপন্ন করে? এই কোষের ত্রুটি কি এবং উহাদের প্রতিকারের উপায় কি?

[What is a simple voltaic cell? How does it produce current? What are its defects and how can they be remedied?]

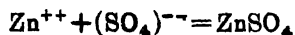
[H. S. Exam., 1960]

উঃ। কোষের বিবরণ:

47 নং চিত্রে এই কোষের নক্‌শা দেখানো হইয়াছে। একটি কাচপাত্রে পাতলা সালফিউরিক অ্যাসিড রাখিয়া উহাতে একটি দস্তা (Zn) এবং একটি তামার (Cu) পাত আংশিক ডুবাইয়া রাখা হইয়াছে। পাত দুইটি পরস্পর ঠেকিয়া থাকিবে না। পাত দুইটির সহিত তার আটকাইবার জন্য দুইটি স্ক্রু উহাদের সহিত লাগানো থাকে। এই ব্যবস্থাকে সরল ভোল্টীয় কোষ বলে।

চিত্র নং 47

কোষের কার্যপ্রণালী: সালফিউরিক অ্যাসিড (H_2SO_4) পাতলা করিবার জন্য জল মিশাইলে অ্যাসিডের প্রত্যেকটি অণু দুইটি ধনাত্মক H^+ এবং একটি ঋণাত্মক (SO_4^{--})—আয়নে বিভক্ত হইয়া যায়। এই আয়নগুলি দ্রবণে এলোমেলোভাবে ঘোরাফেরা করে। এখন দস্তার পাত অ্যাসিডে

ডুবাইলে উহা হইতে ধনাত্মক দস্তার আয়ন (Zn^{++}) অ্যাসিডে মিশিয়া যায় এবং ঋণাত্মক $(SO_4)^{--}$ আয়নকে আকর্ষণ করিয়া নিস্তড়িৎ $ZnSO_4$ অণু তৈয়ারী করে।

$$Zn^{++}+(SO_4)^{--}=ZnSO_4$$

দস্তার পাত হইতে ধনাত্মক দস্তার আয়ন চলিয়া যাওয়াতে পাতটি ঋণাত্মক তড়িৎগ্রস্ত হয়। এখন, ধনাত্মক দস্তার আয়ন দ্রবণে মিশিবার ফলে ঐ পাতের কাছাকাছি দ্রবণ তড়িৎগ্রস্ত হয় এবং ঐ স্থানে H^+ আয়নগুলিকে বিকর্ষণ করিয়া তামার পাতের দিকে পাঠায়। H^+ আয়নগুলি তামার পাতে পৌঁছিয়া পাতকে নিজস্ব তড়িৎ দিয়া নিস্তড়িৎ H_2 অণুরূপে গ্যাসের আকারে বাহির হইয়া যায়। ইহার ফলে তামার পাত ধনাত্মক তড়িৎগ্রস্ত হয়। সুতরাং দেখা যাইতেছে যে রাসায়নিক ক্রিয়ার ফলে তামা এবং দস্তার পাতের ভিতর একটি বিভব-বৈষম্য (potential difference) সৃষ্টি হয়। যখন পাত দুইটিকে তার দিয়া বাহির হইতে যোগ করা হয় তখন তড়িৎপ্রবাহের ফলে পাত দুইটির বিভব-বৈষম্য লোপ পাইতে চেষ্টা করে। কিন্তু কোষের ভিতর আরো রাসায়নিক ক্রিয়া হইয়া এই বিভব-বৈষম্য বজায় রাখে এবং তার দিয়া স্থায়ী তড়িৎ-প্রবাহ পাওয়া যায়।

সরল ভোল্টীয় কোষের প্রধানত দুইটি ত্রুটি : (১) স্থানীয় ক্রিয়া (local action) ও (২) ছদন (polarisation).

স্থানীয় ক্রিয়া : সাধারণ দস্তায় লোহা, সীসা, কার্বন প্রভৃতি খাদ থাকে। এই খাদগুলি দস্তা এবং সালফিউরিক অ্যাসিড সহযোগে ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র কোষ তৈয়ারী করে। উহাদের মধ্যে স্থানীয় বিদ্যুৎ-প্রবাহ ঘটিয়া থাকে এবং দস্তা ক্রমশঃ ক্ষয় হইয়া যাইতে থাকে। এই স্থানীয় ক্রিয়া কোষের পক্ষে ক্ষতিকারক কারণ কোষ অব্যবহৃত অবস্থায় থাকিলে ইহার ফলে দস্তার পাত ক্রমশঃ ক্ষয় হইয়া যায়। এমন কি কোষ ব্যবহার করিবার সময়েও এই স্থানীয় ক্রিয়ার ফলে কিছু রাসায়নিক শক্তির অপচয় হয় কারণ এই স্থানীয় বিদ্যুৎপ্রবাহ বাহিরের তারে প্রকাশ হয় না। তাছাড়া এই স্থানীয় প্রবাহের ফলে কোষের তাপমাত্রা অনাবশ্যক বৃদ্ধি পায়।

স্থানীয় ক্রিয়ার প্রতিকার করিতে হইলে দস্তার পাতে পারদের প্রলেপ দিয়া লইতে হইবে। ইহাতে খাদগুলি প্রলেপের আড়ালে থাকিয়া যায় এবং অ্যাসিডের সংস্পর্শে আসিতে পারে না। দস্তা পারদে দ্রবীভূত হইয়া প্রলেপের উপরে চলিয়া আসে এবং অ্যাসিডের সহিত কোষের সাধারণ রাসায়নিক ক্রিয়া সংঘটিত করে।

ছদন: একটি সরল ভোল্টীয় কোষের সহিত একটি বৈদ্যুতিক ঘন্টা লাগাইয়া ঘন্টার সুইচ্ টিপিয়া রাখ। দেখিবে প্রথমে খুব জোর শব্দ হইবে; কিন্তু কিছুক্ষণ পরে শব্দ কমিতে আরম্ভ করিবে এবং ক্রমশঃ ক্ষীণ হইতে হইতে শব্দ অবশেষে বন্ধ হইয়া যাইবে। অর্থাৎ কোষ হইতে প্রাপ্ত তড়িত-প্রবাহ ক্ষীণ হইতে হইতে পুরে সম্পূর্ণ বন্ধ হইবে। তখন কোষের তামার পাতটি উঠাইয়া দেখিলে দেখা যাইবে যে উহার গায়ে অজস্র হাইড্রোজেন গ্যাসের বুদ্‌বুদ্ লাগিয়া আছে। একটি ব্রাশের সাহায্যে বুদ্‌বুদ্‌গুলি পরিষ্কার করিয়া পাতটি বসাও এবং বৈদ্যুতিক ঘণ্টার সুইচ্ টেপ। শব্দ আবার জোর শোনা যাইবে কিন্তু পূর্বের ন্যায় কিছুক্ষণ পরে যখন পাতে নতুন করিয়া বুদ্‌বুদ্ জমিতে সুরু করিবে তখন শব্দও ক্ষীণ হইতে আরম্ভ করিবে। ইহা হইতে স্পষ্ট বোঝা যায় যে এই হাইড্রোজেন গ্যাসের বুদ্‌বুদ্ জমিয়া যাইবার জন্যই কোষের তড়িৎ-প্রবাহ কমিতে থাকে; কারণ এই বুদ্‌বুদের স্তর তামাকে অ্যাসিডের সংস্পর্শে আসিতে বাধা দেয় এবং কোষের কার্য ব্যাহত করে। এই ধরনের ত্রুটিকে ছদন বলে।

তামার পাতটি অমসৃণ হইলে ছদন কিছু পরিমাণে নিবারিত হয়; কারণ অমসৃণ তলে বুদ্‌বুদ্ ভাল জমিতে পারে না। কিন্তু ইহা খুব সুষ্ঠু উপায় নয়। সাধারণতঃ ছদন নিবারণের জন্য যে দুইটি পদ্ধতি অবলম্বন করা হয় তাহাদের নাম—(১) রাসায়নিক পদ্ধতি ও (২) তড়িৎ-রাসায়নিক পদ্ধতি।

প্রথম পদ্ধতিতে কোষের ভিতর এমন একটি রাসায়নিক বস্তু ব্যবহার করা হয় যাহা হাইড্রোজেনকে জলে পরিণত করে এবং দ্বিতীয় পদ্ধতিতে এমন দুইটি তরল পদার্থ ব্যবহার করা হয় যে রাসায়নিক ক্রিয়ার ফলে হাইড্রোজেনের পরিবর্তে ধনাত্মক পাতটি যে ধাতুদ্বারা গঠিত সেই ধাতুর অণু সৃষ্টি করে।

প্রশ্ন ২। ছদন কাহাকে বলে পরিষ্কার ভাবে বুঝাইয়া দাও। উহার উৎপত্তির কারণ কি এবং উহার নিবারণের উপায় কি?

[Explain clearly the phenomenon of polarisation. What is the cause of its origin? How can it be removed?]

উঃ। ১নং প্রশ্ন দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ৩। তড়িৎ-প্রবাহ সরবরাহের জন্য আজকাল আর সরল ভোল্টীয় কোষ ব্যবহৃত হয় না কেন?

অন্য যে-কোন একটি কোষ বর্ণনা কর এবং কিভাবে মূল কোষের ত্রুটিগুলি ঐ কোষে পরিহার করা হইয়াছে তাহা ব্যাখ্যা কর।

[Explain why a simple voltaic cell is no longer used as a source of current supply. Describe any other form of cell, explaining how the defects of the original type have been overcome.] [H. S. Exam, 1961]

উঃ। সরল ভোল্টীয় কোষের দুইটি প্রধান ত্রুটির জন্য তড়িৎ-প্রবাহের উৎসস্বরূপ সরল ভোল্টীয় কোষ আজকাল আর ব্যবহার করা হয় না। এই ত্রুটি হইল :—(i) স্থানীয় ক্রিয়া এবং (ii) ছদন।

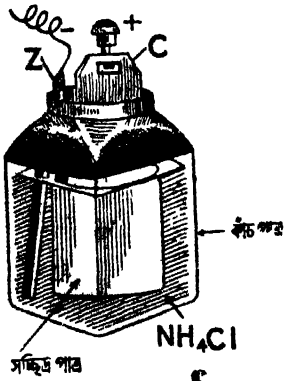
অতঃপর ১নং প্রশ্ন দ্রষ্টব্য।

শেষাংশ : ৪নং প্রশ্ন দ্রষ্টব্য।

****প্রশ্ন ৪। লেকল্যান্স কোষের বিবরণ লিখ। স্থানীয় ক্রিয়া ও ছদন নিবারণের জন্য এই কোষে কি ব্যবস্থা অবলম্বিত হইয়াছে? বিরতিযুক্ত তড়িৎ-প্রবাহের জন্য এই কোষ সুবিধাজনক কেন?**

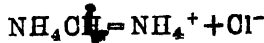
[Describe a Leclanche's cell. What are the means taken to obviate polarisation and local action in this cell? What makes this cell a suitable one for intermittent supply of current?] [H. S. (Comp.), 1960, 1962, '64 (Comp.)]

উঃ। 48 নং চিত্রে একটি লেকল্যান্স কোষের ছবি দেখানো হইয়াছে।

একটি কাচপাত্রে কিছু নিশাদল বা অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড (NH_4Cl) জলে দ্রবীভূত করিয়া রাখা হয় এবং উহার মধ্যে একটি পারদের প্রলেপযুক্ত দস্তার দণ্ড (Z) আংশিক ডুবানো থাকে। একটি সচ্ছিদ্র পাত্রে কাঠকয়লার গুঁড়া ও ম্যাঙ্গানীজ ডাই-অক্সাইড ভর্তি করিয়া উহার ভিতর একটি কার্বন দণ্ড (C) ঢুকাইয়া দেওয়া হয় এবং সচ্ছিদ্র পাত্রটিকে নিশাদল দ্রবণের ভিতর রাখা হয়। এইভাবে লেকলান্স কোষ তৈয়ারী হয়। এই কোষে দস্তার দণ্ড ঋণাত্মক বা উচ্চবিভবযুক্ত মেরু।

চিত্র নং 48

দস্তার দণ্ডটি পারদের প্রলেপযুক্ত হওয়ায় এই কোষে স্থানীয় ক্রিয়া হইতে পারে না। ছদন নিবারণের জন্য ম্যাঙ্গানীজ ডাই-অক্সাইড ব্যবহৃত হয়। ইহা নিম্নলিখিত উপায়ে ছদন নিবারণ করে।

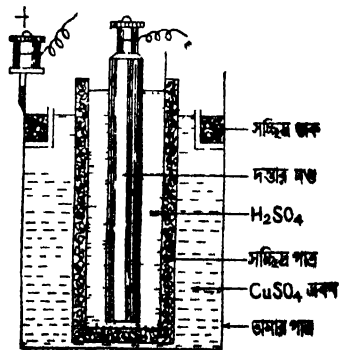
১নং প্রশ্নে বর্ণিত উপায়ে দস্তার দণ্ড হইতে Zn^{++} আয়ন দ্রবণে চলিয়া যায় এবং দস্তার দণ্ড ঋণাত্মক তড়িৎযুক্ত হয়। এ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণেও প্রতিটি অণু নিম্নলিখিত উপায়ে আয়নে পর্যবসিত হয়—

$$NH_4Cl = NH_4^+ + Cl^-$$

Zn^{++} আয়ন এবং Cl^- আয়ন উভয়ে মিশিয়া নিস্তড়িৎ $ZnCl_2$ অণু তৈয়ারী করে। NH_4^+ কার্বন দণ্ডের দিকে অগ্রসর হয় এবং সচ্ছিদ্র পাত্রের ভিতর ঢুকিয়া পড়ে। তথায় কার্বনদণ্ডে তড়িৎ দিয়া $2NH_4 = 2NH_3 + H_2$ সমীকরণ অনুযায়ী এ্যামোনিয়া এবং হাইড্রোজেন গ্যাসে পরিণত হয়। এ্যামোনিয়া কোষের জল কর্তৃক দ্রবীভূত হইয়া যায় এবং হাইড্রোজেনের সহিত ম্যাঙ্গানীজ ডাই-অক্সাইডের রাসায়নিক ক্রিয়া হইয়া জল তৈয়ারী হয়। এইভাবে হাইড্রোজেনকে কার্বনদণ্ডের সংস্পর্শে আসিতে না দিয়া ম্যাঙ্গানীজ ডাই-অক্সাইড এই কোষে ছদন নিবারণ করে।

এই কোষ একটানা তড়িৎ-প্রবাহ দিবার উপযোগী নহে। কারণ, যে-হারে কোষের অভ্যন্তরে হাইড্রোজেন পরমাণু গঠিত হয় সেই হারে ম্যাঙ্গানীজ ডাই-অক্সাইড উহাকে জলে পরিণত করিতে পারে না। একটানা তড়িৎ-প্রবাহ লইলে কিছু হাইড্রোজেন জমিয়া যায় এবং ছদন ক্রিয়া সুরু হয়। কোষকে কিছুক্ষণ বিশ্রাম দিলে ম্যাঙ্গানীজ ডাই-অক্সাইড ঐ হাইড্রোজেনকে জলে পরিণত করিবে এবং কোষ পুনরায় তড়িৎ-প্রবাহ দিবে। এইজন্য বিরতিযুক্ত তড়িৎ প্রবাহের জন্য এই কোষ খুব সুবিধাজনক।

****প্রশ্ন ৫। ড্যানিয়েল কোষ বর্ণনা কর ও উহার কার্যপ্রণালী ব্যাখ্যা কর। কোষের দুই প্রধান ত্রুটি নিবারণের জন্য ইহাতে কি ব্যবস্থা অবলম্বন করা হয়?**

[Describe a Daniel cell and explain its action. What steps are taken in this cell to remove the two primary defects ?]

উঃ। কোষের বর্ণনা: 49 নং চিত্রে ড্যানিয়েল কোষের নক্‌শা দেখানো হইয়াছে। একটি তামার পাত্রে কিছু $CuSO_4$ দ্রবণ (তুঁতে গোলা) রাখা হয়। তামার পাত্রটিই কোষের ধনাত্মক মেরু। একটি দস্তার দণ্ডের গায়ে পারদের প্রলেপ লাগাইয়া কোষের ঋণাত্মক মেরু গঠন করা হয়। দস্তার দণ্ডটিকে একটি সছিদ্র পাত্রে রাখিয়া পাত্রটি সালফিউরিক অ্যাসিডে ভর্তি করা হয় এবং পাত্রটি তামার পাত্রে রাখা $CuSO_4$ দ্রবণে ডুবাইয়া রাখা হয়। তামার পাত্রের উপরের দিকে একটি সছিদ্র তাকে (perforated shelf) কিছু তুঁতের গুঁড়া রাখা থাকে। উহা দ্রবণের সংপৃক্ততা (saturation) বজায় রাখে।

চিত্র নং 49

কার্যপ্রণালী : ভোল্টীয় কোষের ন্যায় এখানেও দস্তা ও সালফিউরিক অ্যাসিডে রাসায়নিক ক্রিয়া হইয়া $ZnSO_4$ অণু এবং $(H)^+$ আয়ন সৃষ্টি হয় এবং দস্তা-দণ্ড ঋণাত্মক তড়িৎ পায়। এই H^+ আয়ন সচ্ছিদ্র পাত্রের ফুটা দিয়া $CuSO_4$ দ্রবণে প্রবেশ করে। $CuSO_4$ দ্রবণের প্রতিটি অণু $(Cu)^{++}$ এবং $(SO_4)^{--}$ আয়নে বিভক্ত হইয়া থাকে। H^+ আয়ন $(SO_4)^{--}$ আয়নের সহিত মিশিয়া নিস্তড়িৎ H_2SO_4 অণু তৈয়ারী করে এবং $(Cu)^{++}$ আয়ন তামার পাত্রে তড়িৎ দিয়া পাত্রে জমা হইতে থাকে। সুতরাং তামার পাত্র ধনাত্মক তড়িৎগ্রস্ত হয়।

কোষের কার্যপ্রণালী হইতে সহজে বোঝা যায় যে কিরূপে ছদন নিবারিত হইতেছে। এস্থলে H_2 অণুর পরিবর্তে Cu অণু ধনাত্মক পাতে পৌঁছায় বলিয়া ছদন হইতে পারে না। $CuSO_4$ দ্রবণ এই কোষে ছদন-নিবারকের (depolariser) কাজ করে। তাছাড়া দস্তার দণ্ড পারদের প্রলেপযুক্ত হওয়াতে স্থানীয় ক্রিয়া হইবারও সুযোগ থাকে না।

কোষের কার্যপ্রণালী হইতে দেখা যায় যে রাসায়নিক ক্রিয়ার ফলে $CuSO_4$ খরচ হইয়া তৎপরিবর্তে H_2SO_4 তৈয়ারী হইতেছে। অর্থাৎ কোষের ক্রিয়া যতই চলিতে থাকে $CuSO_4$ দ্রবণ ততই পাতলা হইতে থাকে। দ্রবণের গাঢ়তা ঠিক রাখিবার জন্য সচ্ছিদ্র তাকে কিছু তুঁতের টুকরা রাখা হয়।

প্রশ্ন ৬। সরল কোষের ত্রুটি কিরূপ হইতে পারে বর্ণনা কর। লেকল্যান্স কোষ এবং ড্যানিয়েল কোষের ক্ষেত্রে এই ত্রুটি কিরূপে দূর করা হয়? চিহ্নিত অংশ সহ কোষ দুইটির চিত্র আঁক। উহাদের ভোল্টেজ কত?

[Describe the nature of the defects of a simple cell. How are they removed in the Daniel cell and the Leclanche's cell ? Draw a labelled diagram of the Daniel or Leclanche cell and state its voltage.] [H. S. Exam., 1966]

উঃ। প্রথমাংশ : 1নং প্রশ্ন দ্রষ্টব্য।

দ্বিতীয়াংশ : 4 নং প্রশ্ন ও 5 নং প্রশ্ন দ্রষ্টব্য।

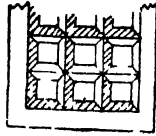
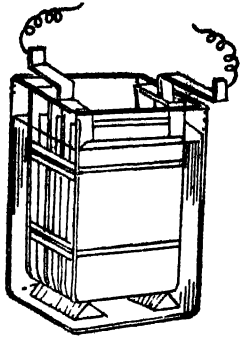
তৃতীয়াংশ : 48 নং এবং 49 নং চিত্র দ্রষ্টব্য।

শেষাংশ : লেকল্যান্স কোষের তড়িচ্চালক বল প্রায় 1·5 volts এবং ড্যানিয়েল কোষের প্রায় 1·1 volt.

প্রশ্ন ৭। সঞ্চয়ক কোষ কাহাকে বলে? ইহার সহিত ড্যানিয়েল বা লেকল্যান্স কোষের পার্থক্য কি? সঞ্চয়ক কোষের সংক্ষিপ্ত বিবরণ দাও।

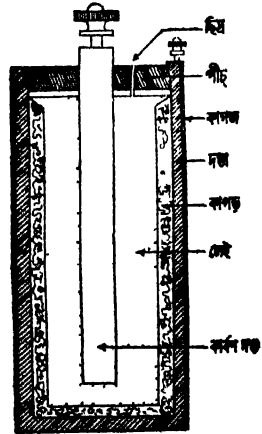
[What is a Storage cell ? What is its difference with Daniel or Lechlance's cell ? Give a brief description of a Storage cell.] [*cf*. H. S. (Comp.), 1966]

উঃ। লেকল্যান্স বা ড্যানিয়েল কোষকে প্রাথমিক কোষ বলা হয়, কারণ, ইহাতে কতগুলি বস্তুর ভিতর রাসায়নিক ক্রিয়ার ফলে বিদ্যুৎশক্তি উৎপন্ন হয়। এই বস্তুগুলির রাসায়নিক ক্রিয়া সম্পূর্ণ শেষ হইয়া গেলে ইহাদের ফেলিয়া দিয়া নতুন করিয়া কোষটি নির্মাণ করিতে হয়; অকেজো বস্তুগুলি কোন কাজেই আসে না। কিন্তু সঞ্চয়ক কোষ প্রাথমিক কোষ নয়। সঞ্চয়ক কোষে যে রাসায়নিক ক্রিয়ার ফলে বিদ্যুৎশক্তি উৎপন্ন হয় কোষের বস্তুগুলিকে উক্ত রাসায়নিক প্রক্রিয়ার উপযোগী করিবার জন্য একটি বিপরীত তড়িৎ-প্রবাহ উহার মধ্য দিয়া পাঠানো হয়। ইহাকে কোষের আহিতকরণ (charging) বলা হয়। বাহিরের বর্তনীতে তড়িৎ-প্রবাহ পাঠাইবার সময় কোষের ভিতর যে রাসায়নিক ক্রিয়া সংঘটিত হয় কোষকে আহিত করিবার সময় কোষের ভিতর বিপরীত তড়িৎ-প্রবাহ পাঠাইলে রাসায়নিক ক্রিয়াও বিপরীত হয় এবং কোষের বস্তুগুলি কার্যক্ষম হইয়া উঠে। এই হিসাবে সঞ্চয়ক কোষকে পূর্বানুবৃত্তি বা reversible কোষও বলা হইয়া থাকে। লেকল্যান্স বা ড্যানিয়েল কোষ reversible নয়। লেকল্যান্স কোষের এ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড ফুরাইয়া গেলে নতুন দ্রবণ লইতে হয়; কোষের ভিতর বিপরীত দিকে তড়িৎ-প্রবাহ পাঠাইলে এ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড তৈয়ারী হইবে না। সঞ্চয়ক কোষকে সাধারণতঃ 'মেইন্‌সের' (mains) সাহায্যে আহিত করা হয়। এইরূপে কোষ সম্পূর্ণ আহিত হইলে তাহার ভিতর শক্তি সঞ্চিত হয় এবং তাহার ফলে নানাবিধ কার্যের জন্য এই কোষ তড়িৎ-প্রবাহ সরবরাহ করিতে পারে। এই কারণে ইহাকে সঞ্চয়ক কোষ বলে।

কোষের বিবরণ :—50নং চিত্রে এই কোষের ছবি দেখানো হইয়াছে। ইহাতে একটি পুরু কাচের পাত্রে লঘু সালফিউরিক এ্যাসিড থাকে। ইহার ভিতর কয়েকটি সীসার পাত সমান্তরালভাবে ডুবানো থাকে এবং এই পাত-গুলি পর্যায়ক্রমে (alternately) ধনাত্মক ও ঋণাত্মক দুইটি তড়িৎ দ্বারের সহিত যুক্ত থাকে। ঝাঁঝরার ফাঁকগুলি লিথার্জ (PbO) বা রেড লেড (Pb_3O_4) ভর্তি করা থাকে।

চিত্র নং 50

প্রশ্ন ৮। নির্জল কোষ বর্ণনা কর। এই কোষ কি কার্যে ব্যবহৃত হয়?

[Describe a dry cell. For what purpose is it used ?]
[H. S (Comp.), 1964]

উঃ। এই কোষে একটি দস্তার চোঙের মধ্যস্থলে একটি কার্বন দণ্ড রাখা থাকে (51নং চিত্র)। উহার চতুর্দিকে ম্যাঙ্গানীজ ডাই-অক্সাইড ও কার্বনগুঁড়া রাখা হয় এবং এইগুলি NH_4Cl ও $ZnCl_2$ দ্রবণে ভিজাইয়া লওয়া হয়। এইগুলিকে এক টুকরা কাপড়ের থলিতে রাখা হয়। থলিটি সছিদ্র পাত্রের কাজ করে। ইহার চতুর্দিক ঘিরিয়া একটি লেই (paste) থাকে। এই লেই তৈয়ারী হয় NH_4Cl দ্রবণের সহিত ময়দা অথবা প্লাস্টার অফ প্যারিস, কাঠের গুঁড়া মিশাইয়া। দস্তার চোঙটি এই কোষের ঋণাত্মক মেরু এবং কার্বন-দণ্ড ধনাত্মক মেরু। চোঙের উপরের মুখ

চিত্র নং 51

গালা বা পিচ দিয়া বন্ধ করিয়া দেওয়া হয়; শুধু একটি ছোট ছিদ্র রাখা হয় গ্যাস বাহির হইবার জন্য। সুতরাং এই কোষ লেকল্যান্স কোষেরই অনুরূপ।

এই কোষে কোন তরল পদার্থ না থাকাতে ইহাকে উপর নীচে যে-দিকে ইচ্ছা নাড়ানো যায়। এই কারণে টর্চ লাইট, সাইকেলের আলো, বেতার যন্ত্র প্রভৃতিতে ইহার প্রচুর ব্যবহার আছে।

প্রশ্ন ৯। নিম্নলিখিত প্রশ্নগুলির উত্তর লেখ: (ক) তড়িৎকোষের জিঙ্ক প্লেটকে কোষের 'জ্বালানী' বলা হয় কেন? (খ) কোষের তড়িচ্চালক বল কাহার উপর নির্ভর করে? (গ) কোষের তড়িচ্চালক বলের অবস্থান কোথায়? (ঘ) লেকল্যান্স কোষের জিঙ্কদণ্ডে পারদের প্রলেপ দেওয়া হয় কেন?

[Answer the following questions :—(a) Why is Zinc considered the fuel of a cell ? (b) What determines the e.m.f. of a cell ? (c) Where is the seat of the e. m. f. in a cell ? (d) Why is the Zinc rod in a Lechlanche's cell amalgamated ?]

উঃ। (ক) প্রত্যেক কোষে জিঙ্কের সহিত অ্যাসিডের রাসায়নিক ক্রিয়ার ফলে তড়িৎ-প্রবাহের সৃষ্টি হয় এবং জিঙ্ক ক্রমশঃ ক্ষয়প্রাপ্ত হয়। এই কারণে জিঙ্ককে কোষের 'জ্বালানী' বলা হয়।

(খ) তড়িৎকোষের রাসায়নিক ক্রিয়া—অর্থাৎ সক্রিয় তরল এবং মেরুর প্রকৃতির উপর কোষের তড়িচ্চালক বল নির্ভর করে। কোষের আকারের উপর তড়িচ্চালক বল নির্ভর করে না।

(গ) কোষের সক্রিয় তরল এবং মেরুর সংস্পর্শ-তলে কোষের তড়িচ্চালক বল অবস্থান করে।

(ঘ) লেকল্যান্স কোষের 'স্থানীয় ক্রিয়া' ত্রুটি দূর করিবার জন্য জিঙ্ক দণ্ডে পারদের প্রলেপ দেওয়া হয়। পারদ জিঙ্ককে দ্রবীভূত করে এবং খাদগুলিকে ঢাকিয়া রাখে। ফলে ঐ দণ্ডকে অ্যাসিডে ডুবাইলে জিঙ্কের সহিত অ্যাসিডের সংস্পর্শ হয় কিন্তু খাদগুলি অ্যাসিডের সংস্পর্শে আসে না। ইহাতে 'স্থানীয় ক্রিয়া' হইতে পারে না।

প্রশ্ন ১০। নিম্নলিখিত কার্যে কি ধরনের কোষ ব্যবহার করিবে এবং কেন—(ক) ঘর আলোকিত করিবার জন্য, (খ) বৈদ্যুতিক ঘণ্টা বাজাইবার জন্য, (গ) সাইকেলের আলো জ্বালিবার জন্য ?

[What type of cell would you use for each of the following purposes and why—(a) Lighting a room, (b) Working a bell circuit, (c) Lighting a cycle lamp ?]

উঃ। (ক) ঘর আলোকিত করিবার জন্য একটানা অনেকক্ষণ তড়িৎ-প্রবাহ প্রয়োজন। তাছাড়া প্রবাহের মাত্রাও (strength) বেশী হওয়া প্রয়োজন। এই কারণে কোষ দ্বারা ঘরের বাতি জ্বালাইতে গেলে কয়েকটি সঞ্চয়ক কোষের ব্যাটারী ব্যবহার করিতে হইবে। সাধারণতঃ ঘরের বাতি জ্বালাইতে ডায়নামো নামক তড়িতোৎপাদক যন্ত্রের সাহায্য লওয়া হয়।

(খ) বৈদ্যুতিক ঘণ্টা বাজাইতে একটানা তড়িৎ-প্রবাহের প্রয়োজন নাই, কারণ, ঘণ্টা একটানা বাজাইবার দরকার হয় না। তাছাড়া প্রবাহের মাত্রা খুব বেশী না হইলেও চলে। এই কারণে বৈদ্যুতিক ঘণ্টা বাজাইতে লেকল্যান্স কোষ ব্যবহার করা হয়।

(গ) সাইকেলের আলো জ্বালাইতে যে কোষ দরকার হইবে তাহার একটি অত্যাবশ্যক গুণ এই হওয়া চাই যে উহাকে সহজে যেন নাড়ানো যায়। তরলপূর্ণ কোষের এই সুবিধা নাই। সেইজন্য উপরোক্ত কাজে সর্বদা নির্জল কোষ ব্যবহৃত হয়।

প্রশ্ন ১১। তড়িৎ-প্রবাহ কাহাকে বলে ? তড়িৎ-প্রবাহ কোন্ তিনটি ফলাফল প্রদর্শন করিতে পারে ? ঐ ফলাফল ব্যাখ্যা করিবার প্রয়োজনীয় পরীক্ষা বর্ণনা কর। তড়িৎ-প্রবাহ চালু রাখিবার জন্য শক্তির অবিরত সরবরাহ প্রয়োজন। নিম্নলিখিত ক্ষেত্রে কোন্ ধরনের শক্তি তড়িৎ-শক্তিতে রূপান্তরিত হয়—(ক) তড়িৎ কোষ, (খ) ডায়নামো ?

[What is an electric current ? What are three principal effects an electric current can produce ? Describe simple

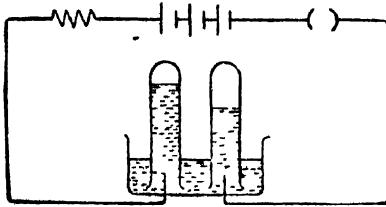
experiments to illustrate them. Maintenance of an electric current requires continuous supply of energy. What kind of energy is converted into electrical energy in (a) a cell, (b) a dynamo ? [H. S. (Comp.), 1963]

উঃ। যখন কোন পরিবাহী দিয়া তড়িতের চলাচল হয় তখন তড়িৎ-প্রবাহ উৎপন্ন হয় ঠিক যেমন জলের গতির দ্বারা জলপ্রবাহ সৃষ্ট হয়।

তড়িৎ-প্রবাহ যে-তিনটি ফলাফল প্রদর্শন করে তাহা হইল (ক) চুম্বকীয় ফল, (খ) তাপীয় ফল, (গ) রাসায়নিক ফল।

চুম্বকীয় ফল: কোন পরিবাহী দিয়া তড়িৎ-প্রবাহ হইলে পরিবাহীর চতুর্দিকে একটি চৌম্বকক্ষেত্র সৃষ্টি হয়—ইহাকে তড়িৎ-প্রবাহের চুম্বকীয় ফল বলে। প্রায় এক মিটার লম্বা একটি তামার তার লইয়া উহার সহিত একটি তড়িৎকোষ ও পরিবর্তনীয় রোধ যুক্ত কর। অতঃপর একটি লম্বা ধরনের চুম্বক-শলাকা লইয়া শলাকার কিছু উপরে শলাকার অক্ষের সমান্তরাল করিয়া তারটি স্থাপন কর। পরিবর্তনীয় রোধের সাহায্যে তার দিয়া প্রায় 1 amp. প্রবাহ পাঠাও। দেখিবে যে প্রবাহ চালু হইবার সঙ্গে সঙ্গে চুম্বক-শলাকা বিক্ষিপ্ত হইল। এইবার তারটিকে শলাকার কিছু নীচে রাখ। দেখিবে চুম্বক-শলাকা উল্টা দিকে বিক্ষিপ্ত হইল। ইহা প্রমাণ করে যে তড়িৎ-প্রবাহ চৌম্বকক্ষেত্র সৃষ্টি করিতে পারে। কারণ, চৌম্বকক্ষেত্র ছাড়া অন্য কিছু দ্বারা চুম্বক শলাকার বিক্ষেপ সম্ভব নহে।

তাপীয় ফল: একটি প্রায় এক মিটার দীর্ঘ নাইক্রোম তার লও এবং উহার সহিত দুইটি স্টোরেজ সেল এবং একটি পরিবর্তনীয় রোধ শ্রেণী সমবায়ে যুক্ত কর। পরিবর্তনীয় রোধ নিয়ন্ত্রণ করিয়া তার দিয়া প্রবাহ-মাত্রা ক্রমে ক্রমে বাড়াও। এক সময়ে দেখিবে যে নাইক্রোম তারটি গরম হইয়া উঠিয়াছে। প্রবাহ-মাত্রা ধীরে ধীরে আরো বাড়াইয়া গেলে তারটি এত উত্তপ্ত হইবে যে উহা আলো বিকীরণ করিবে। এই ঘটনাকে তড়িৎ-প্রবাহের তাপীয় ফল বলা হয়।

রাসায়নিক ফল : 51 (a) নং চিত্রের মত একটি বর্তনী গঠন করিতে হইবে। ঐ বর্তনীর তারের দুই প্রান্ত জলপূর্ণ এবং জলের মধ্যে উল্টানো দুইটি টেস্টটিউবের মধ্যে প্রবেশ করানো আছে। এখন চাবি বন্ধ করিয়া জলের মধ্যে প্রবাহ পাঠাইলে দেখা যাইবে যে টেস্টটিউব হইতে জল অপসারিত হইয়া গ্যাস জমা হইতেছে। একটি নলে গ্যাসের আয়তন অপরটি অপেক্ষা দ্বিগুণ হইবে। রাসায়নিক পরীক্ষা করিলে দেখা যাইবে যে বেশী আয়তনের গ্যাসটি হাইড্রোজেন এবং অপরটি অক্সিজেন। এক্ষেত্রে তড়িৎ-প্রবাহের দরুন রাসায়নিক ক্রিয়া হইয়া জলের প্রত্যেকটি অণু হাইড্রোজেন এবং অক্সিজেনে বিশ্লিষ্ট হইয়াছে।

চিত্র নং 51 (a)

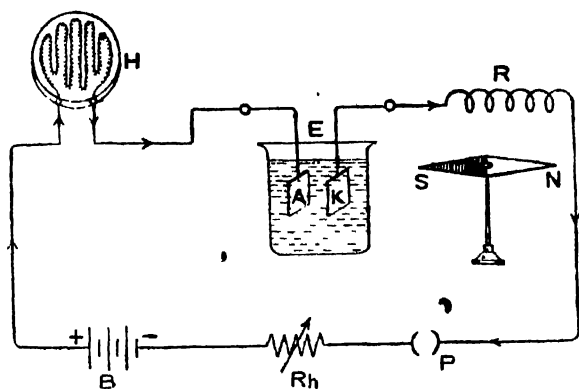
শেষাংশ : (ক) তড়িৎ-কোষে রাসায়নিক শক্তি তড়িৎ-শক্তিতে রূপান্তরিত হয়। (খ) ডায়নামোতে যান্ত্রিক শক্তি তড়িৎ-শক্তিতে রূপান্তরিত হয়।

প্রশ্ন ১২। একই সঙ্গে তড়িৎ-প্রবাহের (a) তাপীয়, (b) চুম্বকীয় এবং (c) রাসায়নিক ফলাফল প্রদর্শনের একটি পরীক্ষা বর্ণনা কর। উহার প্রয়োজনীয় বর্তনী ব্যবস্থার চিত্র আঁক এবং ঐ চিত্রে একটি রিওস্ট্যাট এবং চাবি অন্তর্ভুক্ত কর। বর্তনীতে উহাদের কাজ কি ?

[Describe an experiment to illustrate simultaneously (*a*) the heating, (*b*) the magnetic and (*c*) the chemical action of an electric current. Draw the necessary circuit diagram, including a rheostat and a key in it. What parts do the rheostat and the key play in the circuit ?]

[**H. S. (Comp), 1965**]

উঃ। একটি ব্যাটারী B, একটি রিওস্ট্যাট R_h এবং একটি প্লাগ চাবি P শ্রেণী সমবায়ে যুক্ত কর এবং ঐ বর্তনীর মধ্যে একটি হিটার (H), একটি তড়িৎবিশ্লেষক কোষ E এবং একটি লম্বা ম্যাংগানিন তার R অন্তর্ভুক্ত কর।

বর্তনী দিয়া তড়িৎ-প্রবাহ পাঠাইবার পূর্বে তড়িৎবিশ্লেষক কোষের ক্যাথোড পাতটি (অর্থাৎ যে-পাতের সহিত ব্যাটারীর ঋণাত্মক মেরু যুক্ত আছে ; 51 (b) নং চিত্রে K পাতটি) পরিষ্কার করিয়া ওজন লও। অতঃপর উহাকে

চিত্র নং 51 (b)

পুনরায় কোষে স্থাপন কর। ম্যাংগানিন তারের নীচে একটি চুম্বকশলাকা N-S রাখ। এইবার P-প্লাগটি লাগাইয়া বর্তনী দিয়া প্রবাহ পাঠাও। দেখিবে হিটার উত্তপ্ত হইয়া উঠিয়াছে। ইহা তড়িৎপ্রবাহের তাপীয় ফল বুঝাইয়া দেয়। চুম্বকশলাকার দিকে লক্ষ্য করিলে দেখা যাইবে যে উহা বিক্ষিপ্ত হইয়াছে। চুম্বকশলাকার বিক্ষেপ তড়িৎপ্রবাহের চুম্বকীয় ফল প্রমাণ করে। তড়িৎপ্রবাহের রাসায়নিক ফল বুঝাইবার জন্য তড়িৎবিশ্লেষক কোষ হইতে ক্যাথোড পাতটি তুলিয়া লইয়া শুষ্ক কর ও ওজন লও। দেখা যাইবে যে পাতটির ওজন বৃদ্ধি পাইয়াছে। এক্ষেত্রে তড়িৎপ্রবাহের ফলে তড়িৎবিশ্লেষক কোষের ভিতরকার তড়িৎবিশ্লেষ্যে রাসায়নিক ক্রিয়া হইয়া ক্যাথোড পাতে আয়ন জমা হইয়াছে। তাই উহার ওজন বৃদ্ধি পাইয়াছে। এইভাবে একই পরীক্ষা-ব্যবস্থার সাহায্যে তড়িতপ্রবাহের তিনটি ফলাফল প্রদর্শন করানো যাইতে পারে।

শেষাংশ : রিওস্ট্যাটের সাহায্যে বর্তনীর রোধ পরিবর্তন করিয়া বর্তনীর প্রবাহ-মাত্রা ইচ্ছামত হ্রাস-বৃদ্ধি করা যায়।

চাবির সাহায্যে বর্তনীর প্রবাহ-মাত্রা প্রয়োজনমত চালু বা বন্ধ করা যায়।

প্রশ্ন ১৩। তড়িৎ-প্রবাহ বলিতে কি বোঝ? তড়িৎ-প্রবাহের অস্তিত্ব নির্ণয়ের জন্য কি পদ্ধতি অবলম্বন করা যায়? 'প্রবাহ-মাত্রা' এবং 'তড়িৎ-পরিমাণ' এই দু'য়ের মধ্যে পার্থক্য কি?

[What do you understand by 'electric current'? What are the means for the detection of electric current? Explain the difference between 'quantity of electricity' and 'current strength'.] [**H. S. (Comp.), 1962**]

উঃ। **প্রথমাংশ:** 11 নং প্রশ্ন দ্রষ্টব্য।

দ্বিতীয়াংশ: তড়িৎ-প্রবাহের অস্তিত্ব নির্ণয়ের জন্য তড়িৎ প্রবাহের তিনটি ফলাফলের যে কোন একটির সাহায্য লওয়া যাইতে পারে।

অতঃপর **11** নং প্রশ্ন দ্রষ্টব্য।

শেষাংশ: কোন বস্তুকে যদি তড়িতাহিত করা হয় এবং ঐ তড়িৎ যদি বস্তুতে আবদ্ধ থাকে তবে ঐ তড়িতকে 'তড়িৎ পরিমাণ' বলা হয়। ইহাকে 'কুলম্ব' এককে পরিমাপ করা হয়।

যদি কোন পরিবাহী দিয়া তড়িতের চলাচল হয় তবে উহাকে তড়িৎ-প্রবাহ বলা হয় এবং ঐ প্রবাহের মাত্রাকে বলা হয় প্রবাহ-মাত্রা। ইহা পরিমাপের একক হইল 'অ্যামপীয়ার'। কিছু পরিমাণ জলের সহিত ঐ জলের প্রবাহের যা তফাত কিছু পরিমাণ তড়িতের সহিত উহার প্রবাহেরও সেই তফাত। তড়িৎ হইল কারণ; তড়িৎ-প্রবাহ উহার ফল।

***প্রশ্ন ১৪। ওহ্‌মের সূত্র বর্ণনা কর এবং উহা হইতে 'রোধের' সংজ্ঞা কিরূপে পাওয়া যায় বল। ওহ্‌মের সূত্রের সত্যতা কিরূপে পরীক্ষা করিবে?**

[State Ohm's law and show how it provides the definition of electrical resistance. Describe how you will verify it experimentally.]

[**H. S. (Comp.), 1960 ; cf, H. S. Exam., 1961, '62**]

উঃ। **ওহ্‌মের সূত্র :** তাপমাত্রা এবং অন্যান্য ভৌত অবস্থা (physical conditions) অপরিবর্তিত থাকিলে কোন পরিবাহীর প্রবাহমাত্রা পরিবাহীর দুই প্রান্তস্থ বিভব-প্রভেদের সমানুপাতিক হয়। ইহাই ওহ্‌ম সূত্র।

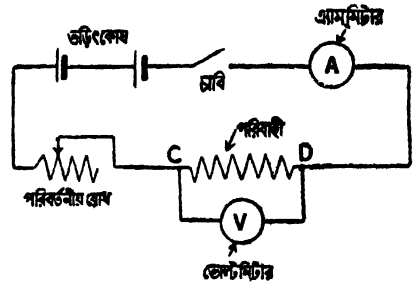
যদি AB তারের দুই প্রান্তের বিভব যথাক্রমে V_A এবং V_B হয় এবং ঐ তার দিয়া প্রবাহমাত্রা I হয় তবে ওহ্‌ম সূত্রানুযায়ী

$$V_A - V_B \propto I$$

অথবা $$V_A - V_B = R.\ I. \quad [\ R = \text{ধ্রুবক}\ ]$$

" $$\frac{V_A - V_B}{I} = R$$

এই ধ্রুবককে বলা হয় পরিবাহীর রোধ। সুতরাং পরিবাহীর রোধ বলিতে উহার প্রান্তস্থ বিভব-প্রভেদের এবং পরিবাহীর প্রবাহমাত্রার অনুপাত বুঝায়।

ওহ্‌ম সূত্রের সত্যতা পরীক্ষা : 52 নং চিত্রে যেমন দেখানো হইয়াছে ঐরূপ একটি তড়িৎ-বর্তনী (electric circuit) গঠন কর। CD একটি পরিবাহী—উহার দুই প্রান্তে একটি ভোল্টমিটার যন্ত্র লাগানো আছে। এই যন্ত্র CD পরিবাহীর দুই প্রান্তের বিভব-প্রভেদ 'ভোল্ট' এককে প্রকাশ করিবে। বর্তনীর সহিত একটি অ্যাম্‌মিটার যন্ত্র লাগানো আছে। উহার দ্বারা বর্তনীর প্রবাহমাত্রা 'অ্যামপীয়ার' এককে পাওয়া যাইবে। CD পরিবাহীর সহিত আর একটি পরিবর্তনীয় (variable) রোধ বা 'রিওস্ট্যাট' (rheostat) যুক্ত আছে। ইহা বর্তনীর প্রবাহমাত্রা সহজে পরিবর্তন করিতে পারিবে।

চিত্র নং 52

প্রথমে রিওস্ট্যাটের রোধ বেশী রাখিয়া চাবি টেপ। বর্তনী দিয়া তড়িৎ-প্রবাহ হইবে এবং অ্যাম্‌মিটার ও ভোল্টমিটারের কাঁটার বিক্ষেপ হইবে। ঐ যন্ত্র দুইটির পাঠ লও। মনে কর, উহারা I_1 ও V_1. এইবার আস্তে আস্তে

রিওস্ট্যাটের রোধ কমাও এবং প্রত্যেকবার এ্যাম্মিটার ও ভোল্টমিটার যন্ত্রের পাঠ লইয়া রাখ। ধরা যাউক, এই পাঠগুলি যথাক্রমে I_2, I_3, এবং V_2, V_3 ইত্যাদি। পরীক্ষার ফলে দেখা যাইবে যে

$$\frac{V_1}{I_1}=\frac{V_2}{I_2}=\frac{V_3}{I_3} \text{ ধ্রুবক}$$

সুতরাং ইহা প্রমাণ করে যে বিভবপ্রভেদ পরিবাহীর প্রবাহমাত্রার সমানুপাতিক।

প্রশ্ন ১৫। তড়িৎ কোষের ক্ষেত্রে 'বিভব-বৈষম্য' ও 'তড়িচ্চালক বল' বলিতে কি বুঝায় ?

[What is meant by the terms 'potential difference' and 'Electromotive force' as applied to the cells ?]

[H. S. Exam, 1960]

উঃ। বিভব-বৈষম্য ও তডিচ্চালক বলের একক অভিন্ন হইলেও মনে রাখিতে হইবে যে উহারা এক জিনিস নয়। কোন তডিৎ-কোষে রাসায়নিক ক্রিয়ার ফলে উহার দুই পাতে যে বিভব-বৈষম্য ঘটে তাহাকেই তড়িচ্চালক বল বলে, কারণ, ইহারই জন্য তডিৎ কোষ বর্তুনীতে তড়িৎ-প্রবাহ পাঠাইতে পারে। কিন্তু যখনই তডিৎ কোষ বর্তনীতে প্রবাহ পাঠায় তখন তডিৎ প্রবাহ কোষের ভিতরকার তরলের রোধ (internal resistance) অতিক্রম করায় পাত দুইটির বিভব বৈষম্য কিছু হ্রাস পায়। তখনকার ঐ বিভবপ্রভেদকে কোষের বিভব-বৈষম্য বলা হয়। সুতরাং বিভব-বৈষম্য (P. D.) তড়িচ্চালক বল (E. M. F.) অপেক্ষা কম। তাছাড়া তডিচ্চালক বলকে যদি কারণ ধরা যায় তবে বিভব বৈষম্য হইবে উহার ফল। কোষের তড়িচ্চালক বল E, বহির্বর্তনীর রোধ R এবং আভ্যন্তরীণ রোধ r হইলে বর্তনী দিয়া যে তডিৎ-প্রবাহ I ঘটিবে ওহমের সূত্র হইতে আমরা তাহা লিখিতে পারি,

$$I=\frac{E}{R+r}, \text{ অথবা, } E=IR+I.r. \text{ বা, } E-Ir=I\,R.$$

এস্থলে I.R হইল কোষের বিভব-বৈষম্য এবং উহা E হইতে কম।

প্রশ্ন ১৬। বর্তনীতে স্থায়ী তড়িৎ-প্রবাহ চালু রাখিতে হইলে কি শর্ত প্রয়োজন ? উদাহরণ সহযোগে তোমার উত্তর ব্যাখ্যা কর।

'বর্তনীর যে-অংশে অন্য যে-কোন প্রকার শক্তি তড়িৎ-শক্তিতে রূপান্তরিত হয় তথায় একটি তড়িচ্চালক বল ক্রিয়া করে এবং যে-অংশে তড়িৎ-শক্তি অন্য যে-কোন প্রকার শক্তিতে রূপান্তরিত হয় তথায় বিভব-প্রভেদ ক্রিয়া করে।' কয়েকটি কোষের ব্যাটারী, একটি রোধ, একটি বৈদ্যুতিক মোটর এবং একটি তড়িৎ-বিশ্লেষক কোষযুক্ত তড়িৎ বর্তনীর সহায়তায় উপরোক্ত মন্তব্যের ব্যাখ্যা কর এবং কোথায় তড়িচ্চালক বল ও কোথায় বিভব-প্রভেদ ক্রিয়া করে তাহা উল্লেখ কর।

তড়িচ্চালক বল এবং বিভব-প্রভেদ পরিমাপের একক কি ?

[What conditions must be fulfilled so that an electric current may continue to flow through a circuit ? Illustrate your answer.

'An e.m.f. is said to exit in a part of a circuit where some other form of energy is converted into electrical form. A potential difference is said to exit in a part of a circuit where electrical energy is converted into any other form.' Illustrate this statement by referring to a circuit which contains a battery of cells, a resistance, an electric motor, and an electrolytic cell, stating in your answer where the e.m.f. and the potential differences are.

In what unit are e.m.f. and potential difference measured ?]

[H. S. Exam., 1963]

উঃ। প্রথমাংশ : কোন বর্তনীর দুই প্রান্তে বিভব-প্রভেদ থাকিলে বর্তনী দিয়া তড়িৎ-প্রবাহ ঘটে। কিন্তু ঐ বিভব-প্রভেদ বজায় রাখিবার ব্যবস্থা না করিলে মুহূর্তমধ্যে দুই প্রান্তের বিভব সমান হইবে এবং তড়িৎ-প্রবাহ বন্ধ হইয়া যাইবে। সুতরাং বর্তনীতে স্থায়ী তড়িৎ-প্রবাহ পাঠাইতে হইলে বর্তনীর প্রান্তদ্বয়ের বিভব-প্রভেদ বজায় রাখিতে হইবে। যেমন, দুইটি পাত্রে কিছু জল লইয়া পাত্র দুইটির ভিতর নল দ্বারা সংযোগ ঘটাইলে এক পাত্র হইতে অন্য পাত্রে নলের ভিতর দিয়া জলের প্রবাহ হইবে। যে-পাত্রের জলতল বেশী উঁচু

সেই পাত্র হইতে জল অন্য পাত্রে প্রবাহিত হইবে। কিন্তু এই প্রবাহ বেশীক্ষণ স্থায়ী হইবে না ; কারণ, শীঘ্রই দুই পাত্রের জলতল সমান হইয়া যাইবে এবং নল দিয়া জলপ্রবাহ বন্ধ হইয়া যাইবে। কিন্তু কোন পাম্পের সাহায্যে যদি দ্বিতীয় পাত্রে যে-হারে জল প্রবেশ করিতেছে সেই হারে জল পাম্প করিয়া প্রথম পাত্রে ফেলা যায়, তবে দুই পাত্রের জলতলের পার্থক্য স্থায়িভাবে বজায় থাকিবে এবং সেক্ষেত্রে নল দিয়া জলপ্রবাহ চালু থাকিবে। তড়িতের ক্ষেত্রেও ঠিক অনুরূপ ঘটনা ঘটে। যদি কোন ব্যবস্থার দ্বারা বর্তনীর দুই প্রান্তের বিভব-প্রভেদ স্থায়িভাবে বজায় রাখা যায় তবে বর্তনী দিয়া স্থায়িভাবে তড়িৎ প্রবাহ ঘটিবে।

দ্বিতীয়াংশ : তড়িচ্চালক বল বলিতে আমরা এমন জিনিস বুঝি যাহা বর্তনীতে উপস্থিত থাকিয়া বর্তনী দিয়া তড়িৎ-প্রবাহ চালনা করে। এখন, বিভব-পার্থক্য না থাকিলে তড়িতাধানের চলাচল হয় না। কাজেই তড়িচ্চালক বলের ক্রিয়া হিসাবে বলা যায় যে উহা বিভব-প্রভেদ সৃষ্টি করে এবং বজায় রাখে। কিন্তু তড়িৎ-প্রবাহ চালনা করিবার জন্য তড়িচ্চালক বলের উৎসের কিছু শক্তির প্রয়োজন। কোন কোন ক্ষেত্রে রাসায়নিক আবার কোন কোন ক্ষেত্রে অন্যান্য শক্তি প্রয়োজনীয় তড়িৎশক্তি সরবরাহ করে।

বর্তনীর অন্তর্গত তড়িৎ-কোষগুলির মধ্যে যে তরল পদার্থ আছে, তাহারা প্রত্যেক কোষে তড়িৎ-দ্বারের (electrodes) সঙ্গে কিছু রাসায়নিক ক্রিয়া সংঘটিত করে। ফলে, প্রত্যেক কোষের দুই মেরুর ভিতর একটি বিভব-প্রভেদ উৎপন্ন হয়। এখানে রাসায়নিক শক্তি তড়িৎ-শক্তিতে রূপান্তরিত হইতেছে বলিয়া ঐ বিভব-প্রভেদকে তড়িচ্চালক বলা হয়।

যখন, তড়িৎ-প্রবাহ কোন রোধের মধ্য দিয়া যায়, তখন রোধের দুই প্রান্তে বিভব-পতন (fall of potential) হয়। এস্থলে, তড়িৎশক্তি রূপান্তরিত হয় চুম্বকশক্তি এবং তাপশক্তিতে। এই কারণে ঐ প্রান্তীয় বিভব-পতনকে বলা হয় বিভব-প্রভেদ।

বৈদ্যুতিক মোটরে তড়িৎ-শক্তির বদলে যান্ত্রিক শক্তি পাওয়া যায়। মোটরের আর্মেচারের দুই প্রান্তে কোন ব্যাটারী যুক্ত করিলে আর্মেচারের

মধ্য দিয়া তড়িৎ-প্রবাহ ঘটে ; ফলে আর্মেচারের ঘূর্ণন হয়। এস্থলে তড়িৎ-শক্তি যান্ত্রিক শক্তিতে রূপান্তরিত হইতেছে বলিয়া বলা হয় যে আর্মেচারের দুই প্রান্তে বিভব-প্রভেদ কার্য করিতেছে।

তড়িৎ-বিশ্লেষক কোষে যে তরল পদার্থ থাকে তাহার ভিতর দিয়া তড়িৎ-প্রবাহ পাঠাইলে তরল পদার্থের ভিতর একটি রাসায়নিক ক্রিয়া সংঘটিত হইয়া তরল পদার্থের প্রত্যেকটি অণু বিশ্লিষ্ট হইয়া পড়ে। এক্ষেত্রে তড়িৎশক্তি রাসায়নিক শক্তিতে পরিণত হইতেছে বলিয়া বলা হয় যে তড়িৎ-বিশ্লেষক কোষে বিভব-প্রভেদ প্রয়োগ করা হইয়াছে।

শেষাংশ : তড়িচ্চালক বল এবং বিভব-প্রভেদ—উভয়েরই একক 'ভোল্ট'।

****প্রশ্ন ১৭। পরিবাহীর রোধ পরিবাহীর কেমন্‌ কোন্‌ বিষয়ের উপর নির্ভর করে? রোধাঙ্কের সংজ্ঞা কি? তড়িৎ-প্রবাহ, বিভব-প্রভেদ ও রোধের ব্যবহারিক এককের সংজ্ঞা লিখ।**

[What are the factors upon which the resistance of a conductor depends ?

[**H. S. Exam.** (Comp.), 1960, '62, '64 (Comp.), '66]

What is the definition of specific resistance ? State the practical units of current, potential difference and resistance.]

উঃ। কোন পরিবাহীর রোধ (i) পরিবাহীর দৈর্ঘ্যের সমানুপাতিক এবং (ii) প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফলের ব্যস্তানুপাতিক। অর্থাৎ পরিবাহীর রোধ R, দৈর্ঘ্য l এবং প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল S হইলে, $R \propto \frac{l}{S}$

$$\text{অথবা } R = \rho\frac{l}{S} \quad [\, \rho = \text{ধ্রুবক} \,]$$

এই ধ্রুবককে বলা হয় রোধাঙ্ক। যদি $l = 1$ cm. এবং $S = 1$ sq. cm. হয় তবে $R = \rho$ অর্থাৎ 1 cm. দীর্ঘ ও 1 sq. cm. প্রস্থচ্ছেদযুক্ত তারের অর্থাৎ ঐ পদার্থের 1 ঘন সেন্টিমিটার ঘনকের রোধকে ঐ পদার্থের রোধাঙ্কের সমতুল্য বলিয়া ধরা হয়। ইহা পদার্থটির উপাদানের উপর নির্ভর করে।

তড়িৎ-প্রবাহ : ইহার ব্যবহারিক এককের নাম এ্যাম্পীয়ার (ampere)। পরিবাহীর কোন বিন্দু দিয়া যদি 1 sec. সময়ে 1 coulomb তড়িৎ অতিক্রম করে তবে পরিবাহীর প্রবাহমাত্রাকে এক এ্যাম্পীয়ার ধরা হয়।

বিভব-প্রভেদ : ইহার ব্যবহারিক এককের নাম 'ভোল্ট'। যদি কোন পরিবাহীর এক প্রান্ত হইতে অন্য প্রান্তে 1 coulomb তড়িৎ পাঠাইতে 1 joule কার্য করিতে হয় তবে ঐ পরিবাহীর বিভব-প্রভেদ 1 volt ধরা হয়।

রোধ : ইহার ব্যবহারিক এককের নাম ওহ্ম। 1 volt বিভবপ্রভেদ ও 1 ampere তড়িৎপ্রবাহের অনুপাত 1 ohm-এর সমান।

প্রশ্ন ১৮। **'প্রবাহ-মাত্রা' ও 'বিভব-প্রভেদ' বলিতে কি বুঝায়? উহাদের ব্যবহারিক এককের নাম ও সংজ্ঞা লেখ। উহাদের ভিতর সম্পর্কের সূত্রের নাম ও সূত্রটি বল। কোন পরিবাহীর প্রান্তীয় বিভব-প্রভেদ ও তড়িৎ-প্রবাহের অনুপাত কি বুঝায়?**

[What is meant by the term "current strength" and "potential difference"? Name and define their practical units. Name and state the law which gives the relation between the two quantities. What does the ratio of the potential difference at the ends of the conductor to the current through it imply ?

উঃ। **প্রবাহ-মাত্রা :** কোন পরিবাহীর দুই প্রান্তের বিভব অসমান হইলে উচ্চবিভব প্রান্ত হইতে নিম্নবিভব প্রান্তে পরিবাহী বরাবর তড়িতের প্রবাহ হইবে। ঐ পরিবাহীর কোন বিন্দু দিয়া প্রতি সেকেণ্ডে যতখানি তড়িৎ অতিক্রম করে তাহাকে প্রবাহমাত্রা বলা হয়।

বিভব প্রভেদ : ১৫নং প্রশ্ন দ্রষ্টব্য।

উহাদের একক : ১৭নং প্রশ্ন দ্রষ্টব্য।

সম্পর্কের সূত্র : ১৪নং প্রশ্ন দ্রষ্টব্য।

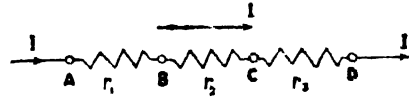
শেষাংশ : ১৪নং প্রশ্ন দ্রষ্টব্য।

****৯। তুল্যাঙ্ক রোধ কাহাকে বলে ? কতকগুলি রোধকে (i) শ্রেণী সমবায়ে এবং (ii) সমান্তরাল সমবায়ে কিরূপে সাজাইবে ? উহাদের তুল্যাঙ্ক রোধ কত হইবে ?**

[What is an equivalent resistance ? How do you arrange several resistances (i) in series and (ii) in parallel ? Find out the effective resistance in each case.]

[H. S. Exam., 1960, *cf.* H. S. (Comp.) 1962, '65 (Comp.)]

উঃ। যদি কোন তড়িৎ বর্তনীর দুই প্রান্তের মধ্যে অবস্থিত দুই বা ততোধিক রোধের পরিবর্তে এমন একটি রোধ স্থাপন করা যায় যে বর্তনীর ঐ দুই প্রান্তস্থিত বিভবপ্রভেদ বা মোট প্রবাহমাত্রা অপরিবর্তিত থাকে তবে শেষোক্ত রোধকে পূর্বোক্ত রোধগুলির তুল্যাঙ্ক রোধ বলা হয়।

(i) **শ্রেণী সমবায় :** যখন কতকগুলি রোধ একের পর একটির প্রান্ত হইতে অপরটির প্রান্ত (end to end) এমনভাবে যুক্ত করা হয় যে একই প্রবাহ সকল রোধের মধ্য দিয়া চলে তবে ঐ সমবায়কে শ্রেণী সমবায় বলে।

চিত্র নং 52 (a)

52 (a) নং চিত্রে r_1, r_2, r_3 তিনটি রোধকে শ্রেণী সমবায়ে যুক্ত করা হইয়াছে। উহাদের প্রত্যেকের প্রবাহমাত্রা I. যদি A, B, C প্রভৃতি বিন্দুতে বিভব যথাক্রমে V_A, V_B, V_C প্রভৃতি ধরিয়া লওয়া হয় তবে ওহমের সূত্রানুযায়ী,

$$V_A - V_B = I.\, r_1$$
$$V_B - V_C = I.\, r_2$$
$$V_C - V_D = I.\, r_3$$

যোগ করিলে $V_A - V_D = I\,(r_1 + r_2 + r_3)$

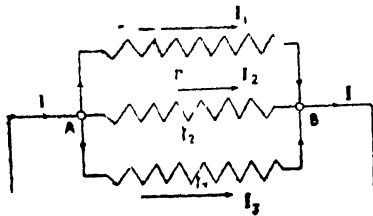
যদি তুল্যাঙ্ক রোধ 'R' ধরা হয়, তবে উহাকে A এবং B বিন্দুদ্বয়ের মধ্যে বসাইলে প্রবাহমাত্রা অপরিবর্তিত থাকিবে অর্থাৎ $V_A - V_D = I.\, R.$

সুতরাং $I.\, R = I(r_1 + r_2 + r_3)$ $\therefore$ $R = r_1 + r_2 + r_3$

রোধের সংখ্যা অনেকগুলি হইলে সাধারণভাবে লেখা যাইতে পারে

$$R = r_1 + r_2 + r_3 + r_4 + \cdots$$

(ii) **সমান্তরাল সমবায় :** যখন প্রত্যেক রোধের (r_1, r_2, r_3 প্রভৃতি) একপ্রান্ত সাধারণ বিন্দু Aতে এবং অপর প্রান্ত সাধারণ বিন্দু Bতে সংযুক্ত হয় তখন A বিন্দুতে মূল প্রবাহ বিভিন্ন রোধের মধ্যে বিভক্ত হইয়া পুনরায় B বিন্দুতে যুক্ত হয়। এইরূপ সমবায়কে সমান্তরাল সমবায় বলে (53 নং চিত্র)।

চিত্র নং 53

ধর, r_1, r_2 r_3 রোধে যথাক্রমে I_1, I_2 ও I_3 প্রবাহমাত্রা আছে। A ও B বিন্দুদ্বয়ের বিভব যথাক্রমে V_A ও V_B হইলে ওহ্‌মের সূত্রানুযায়ী

$$I_1=\frac{V_A-V_B}{r_1}$$

$$I_2=\frac{V_A-V_B}{r_2}$$

$$I_3=\frac{V_A-V_B}{r_3}$$

যোগ করিলে $I_1+I_2+I_3=(V_A-V_B)\left(\frac{1}{r_1}+\frac{1}{r_2}+\frac{1}{r_3}\right)$

যদি তুল্যাঙ্ক রোধ R হয় তবে উহাকে A ও B বিন্দুদ্বয়ের মধ্যে বসাইলে তড়িৎ-প্রবাহ অপরিবর্তিত থাকিবে। অতএব,

$$I=\frac{V_A-V_B}{R}$$

$$\therefore \quad \frac{V_A-V_B}{R}=(V_A-V_B)\left(\frac{1}{r_1}+\frac{1}{r_2}+\frac{1}{r_3}\right)$$

$$\therefore \quad \frac{1}{R}=\frac{1}{r_1}+\frac{1}{r_2}+\frac{1}{r_3}$$

রোধের সংখ্যা যদি অনেকগুলি হয় তবে সাধারণভাবে লেখা যায়

$$\frac{1}{R}=\frac{1}{r_1}+\frac{1}{r_2}+\frac{1}{r_3}+\frac{1}{r_4}+\ldots$$

প্রশ্ন ২০। r_1 এবং r_2 রোধের দুইটি তার সমান্তরাল সজ্জায় সজ্জিত আছে। E তড়িচ্চালক বল এবং r আভ্যন্তরীণ রোধের একটি কোষ উহাদের সহিত যুক্ত করিলে প্রত্যেক তারের প্রবাহমাত্রা কত হইবে ?

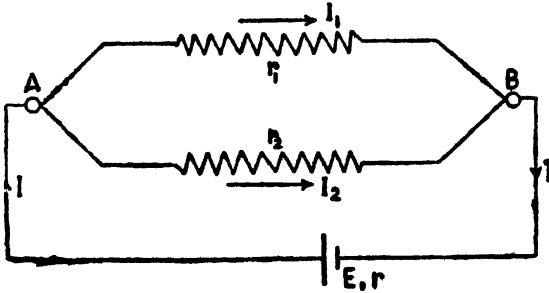
[Two wires of resistance r_1 and r_2 are connected in parallel and the combination is joined to a cell of E. M. F. E. and internal resistance r. What will be the current through each wire ?]

উঃ। তার দুইটির মোট রোধ 'R' ধরিলে

$$\frac{1}{R}=\frac{1}{r_1}+\frac{1}{r_2}=\frac{r_1+r_2}{r_1 r_2}$$

$$\therefore \quad R=\frac{r_1 r_2}{r_1+r_2}.$$

সুতরাং বর্তনীর মোট রোধ $=R+r$

$$=\frac{r_1 r_2}{r_1+r_2}+r=\frac{r_1 r_2+r(r_1+r_2)}{r_1+r_2}$$

চিত্র নং 53 (a)

এখন বর্তনীর মোট প্রবাহমাত্রা I ধরিলে আমরা লিখিতে পারি

$$I=\frac{E}{\text{বর্তনীর মোট রোধ}}=\frac{E}{\dfrac{r_1 r_2+r(r_1+r_2)}{r_1+r_2}}=\frac{E(r_1+r_2)}{r_1 r_2+r(r_1+r_2)}$$

যখন মোট প্রবাহমাত্রা (I) A বিন্দুতে পৌঁছাইবে তখন উহা দুই অংশে ভাগ হইয়া r_1 এবং r_2 রোধের মধ্য দিয়া প্রবাহিত হইবে [চিত্র 53 (*a*)]। উহাদের প্রবাহমাত্রা যথাক্রমে I_1 এবং I_2 হইলে $I = I_1 + I_2$.

এখন যেহেতু দুইটি রোধই A এবং B বিন্দুতে যুক্ত, সেইহেতু,

$$I_1 \times r_1 = I_2 \times r_2$$

$$\text{বা,}\quad \frac{I_1}{I_2} = \frac{r_2}{r_1} \quad \text{বা,}\quad \frac{I_1 + I_2}{I_2} = \frac{r_1 + r_2}{r_1}$$

$$\text{বা,}\quad \frac{I}{I_2} = \frac{r_1 + r_2}{r_1}$$

$$\therefore\quad I_2 = \frac{r_1}{r_1 + r_2} . I = \frac{r_1}{r_1 + r_2} . \frac{E(r_1 + r_2)}{r_1 r_2 + r(r_1 + r_2)}$$

$$= \frac{E r_1}{r_1 r_2 + r(r_1 + r_2)}$$

$$\text{আবার,}\ I_1 = I - I_2 = \frac{E(r_1 + r_2)}{r_1 r_2 + r(r_1 + r_2)} - \frac{E r_1}{r_1 r_2 + r(r_1 + r_2)}$$

$$= \frac{E r_2}{r_1 r_2 + r(r_1 + r_2)}.$$

অঙ্ক

1. একটি কোষের তড়িচ্চালক বল (e. m. f.) 1·5 volts এবং আভ্যন্তরীণ রোধ (internal resistance) 0·07 ohm, উহার সহিত কত রোধ যুক্ত করিলে বর্তনীতে 5 amperes প্রবাহমাত্রা হইবে ?

[A cell has e.m.f. 1·5 volts and internal resistance 0·07 ohm. What resistance should be connected with it so that the current in the circuit is 5 amperes ?]

উঃ। ধর, নির্ণেয় রোধ = R ohm. বর্তনীর মোট রোধ = (R + 0·07) ohms. ওহ্‌মের সূত্রানুযায়ী প্রবাহমাত্রা = $\frac{\text{তড়িচ্চালক বল}}{\text{মোট রোধ}}$

$$\therefore\quad 5 = \frac{1·5}{R + ·07}. \quad \text{Or, } R = 0·23 \text{ ohm.}$$

2: 2 volts তড়িচ্চালক বল এবং 0·05 ohm. আভ্যন্তরীণ রোধযুক্ত একটি কোষকে শ্রেণী সমবায়ে যুক্ত তিনটি তারের সহিত আটকানো হইল। তার তিনটির রোধ যথাক্রমে 1, 2 এবং 3 ohms. মধ্যের তারটির প্রান্তে বিভব-প্রভেদ কত হইবে ?

[A cell of e.m.f. 2 volts and internal resistance 0·05 ohm is connected to three wires joined in series. If the wires have resistances 1, 2 and 3 ohms respectively, what is the *p. d.* across the middle wire ?]

উঃ। বর্তনীর মোট রোধ $=1+2+3+0·05=6·05$ ohms.

বর্তনীর মোট প্রবাহমাত্রা $=\dfrac{\text{তড়িচ্চালক বল}}{\text{মোট রোধ}}=\dfrac{2}{6·05}=·33$ amp.

সুতরাং মধ্যের তারের বিভব প্রভেদ = প্রবাহ মাত্রা × তারের রোধ

$=·33\times 2=0·66$ volt.

3. পাঁচটি বৈদ্যুতিক বাতি সমান্তরাল সমবায়ে সজ্জিত আছে। প্রত্যেকটির রোধ 250 ohms হইলে উহাদের তুল্যাঙ্ক রোধ কত ?

[Five electric lamps are joined in parallel. If the resistance of each lamp is 250 ohms, what is their equivalent resistance ?]

উঃ। তুল্যাঙ্ক রোধ R হইলে সমান্তরাল সমবায়ের বেলাতে আমরা জানি,

$$\frac{1}{R}=\frac{1}{250}+\frac{1}{250}+\frac{1}{250}+\frac{1}{250}+\frac{1}{250}$$

$$=\frac{5}{250}=\frac{1}{50} \qquad \therefore \quad R=50 \text{ ohms.}$$

4. 100 cm. দীর্ঘ ও 2 sq. m. m. প্রস্থচ্ছেদযুক্ত একটি তামার তারের প্রান্তে 2 milli-volts বিভব-প্রভেদ থাকিলে তারের প্রবাহমাত্রা 0·2 amp হয়। তামার রোধাঙ্ক (sp. resistance) কত ?

[If the *p.d.* at the ends of a wire of copper 100 cm. long and 2 sq. m m. in cross-section is 2 milli-volts, the current in the wire is 0·2 amp. What is the sp. resistance of copper ?]

উঃ। বিভব-প্রভেদ = 2 milli-volts = ·002 volt

$\therefore$ তারের রোধ $=\dfrac{\text{বিভব-প্রভেদ}}{\text{প্রবাহমাত্রা}}=\dfrac{·002}{0·2}=·01$ ohm,

আমরা জানি, $R=\rho.\dfrac{l}{S}$,

এস্থলে, $R = {}^{\cdot}01$ ohm ; $l = 100$ cm. ; $S = {}^{\cdot}02$ sq. cm.

$$\therefore \quad {}^{\cdot}01 = \rho . \frac{100}{{}^{\cdot}02} \qquad \therefore \quad \rho = \frac{{}^{\cdot}01 \times {}^{\cdot}02}{100}$$

$$= 2 \times 10^{-6} \text{ ohm-cm.}$$

5. একটি তারের প্রতি মিটার দৈর্ঘ্যে রোধ 2 ohms এবং উহার উপাদানের রোধাঙ্ক 50×10^{-6} ohm. cm. তারটির ব্যাস কত ?

[A wire has a resistance of 2 ohms per metre and a specific resistance of 50×10^{-6} ohm-cm. What is its diameter ?]

উঃ। আমরা জানি, $R = \rho \frac{4l}{\pi d^2}$

আমরা যদি তারের 1 metre দৈর্ঘ্য লই তবে লিখিতে পারি,

$R = 2$ ohms ; $l = 100$ cm. ; $\rho = 50 \times 10^{-6}$ ohm. cm.

$$\therefore \quad 2 = \frac{50 \times 10^{-6} \times 4 \times 100}{3{}^{\cdot}14 \times d^2}$$

$$\text{or,} \quad d^2 = \frac{50 \times 10^{-6} \times 4 \times 100}{3{}^{\cdot}14 \times 2} = \frac{1}{314}$$

$$\text{or,} \quad d = \sqrt{\frac{1}{314}} \text{ cm.} = {}^{\cdot}056 \text{ cm.}$$

6. 1 Kilogram তামাকে পিটাইয়া (i) 1 m.m. ব্যাসযুক্ত এবং (ii) 2 m.m. ব্যাসযুক্ত তার তৈয়ারী করা হইল। একই তাপমাত্রায় উহাদের রোধের অনুপাত নির্ণয় কর।

[One kilogram of copper is drawn into a wire (*a*) 1 m.m. in diameter, (*b*) 2 m.m. in diameter. Compare their resistance at the same temperature.] [H. S. (Comp), 1960]

উঃ। আমরা জানি, $R = \rho . \frac{l}{S}$.

এখন তারের ব্যাস r হইলে $S = \pi r^2$

এবং $l \times S \times d = M$ [d = ঘনত্ব ; M = ভর]

অর্থাৎ $l \times \pi r^2 \times d = M$

$$\therefore \quad l = \frac{M}{\pi r^2 \times d}$$

$$\text{কাজেই,} \quad R = \rho . \frac{M}{\pi r^2 \times d \times \pi r^2} = \frac{M}{\pi^2 d r^4} \quad \text{অথবা,} \quad R \propto \frac{1}{r^4}$$

এখন, প্রথম ক্ষেত্রে $r_1 = {}^{\cdot}05$ cm. এবং দ্বিতীয় ক্ষেত্রে $r_2 = 0{}^{\cdot}1$ cm.

$$\therefore \quad \frac{R_1}{R_2} = ({}^{\cdot}1)^4 / ({}^{\cdot}05)^4 = 16.$$

7. 1 cm^3 তামাকে পিটাইয়া 1 metre দীর্ঘ সুষম তারে পরিণত করা হইল। তামার রোধাঙ্ক 1.8×10^{-6} ohm-cm. হইলে ঐ তারের রোধ কত?

[If 1 cm^3 of copper is drawn into a uniform wire 1 metre long, what will be the resistance of the wire? The resistivity of copper is 1.8×10^{-6} ohm-cm.] [H. S. Exam., 1966]

উঃ। আমরা জানি, $R = \rho . \frac{l}{A}$.

এক্ষেত্রে, $\rho = 1.8 \times 10^{-6}$ ohm-cm.;

$l = 1$ metre $= 100$ cm.; $A = \frac{1}{100}$ sq. cm.

$$\therefore \quad R = \frac{1.8 \times 10^{-6} \times 100}{\frac{1}{100}} = 1.8 \times 10^{-2} = 0.018 \text{ ohm.}$$

8. 1·1 volts তড়িচ্চালক বল এবং 1 ohm আভ্যন্তরীণ রোধযুক্ত একটি ড্যানিয়েল কোষকে AB এবং BC দুইটি শ্রেণী সমবায়ে যুক্ত তারের প্রান্তে লাগানো হইল। কোষের ধনাত্মক মেরু A বিন্দুতে যুক্ত। AB তারের রোধ 4 ohms এবং BC তারের 6 ohms হইলে নিম্নলিখিত ক্ষেত্রে বিভব-প্রভেদ কত হইবে :—(i) A ও B-এর মধ্যে, (ii) B ও C-এর মধ্যে, (iii) A ও C-এর মধ্যে।

[A Daniel cell of e.m.f. 1·1 volts and internal resistance 1 ohm is connected to two wires AB and BC joined in series. The positive pole of the cell is connected to A. If the resistance of AB is 4 ohms and that of BC 6 ohms, calculate the *p. d.* in the following cases :—(i) between A and B, (ii) between B and C, (iii) between A and C.]

উঃ। বর্তনীর মোট রোধ $= 6 + 4 + 1 = 11$ ohms.

বর্তনীর মোট প্রবাহমাত্রা $= \frac{\text{তড়িচ্চালক বল}}{\text{মোট রোধ}} = \frac{1.1}{11} = .1$ amp.

(i) A ও B-এর মধ্যে বিভব-প্রভেদ = উহার রোধ × প্রবাহমাত্রা

$= 4 \times .1 = .4$ volt

(ii) B „ C „ „ „ „ = উহার রোধ × প্রবাহমাত্রা

$= 6 \times .1 = .6$ volt

(iii) A „ C „ „ „ „ = উহার রোধ × প্রবাহমাত্রা

$= (6 + 4) .1.$

$= 1$ volt.

[**Imp.** বর্তনীর নির্ভুল ছবি আঁকিয়া লইলে অঙ্ক করা সহজ হইবে।]

9. 2·05 volts তড়িচ্চালক বল এবং 0·05 ohm আভ্যন্তরীণ রোধের একটি কোষের প্রান্তদ্বয় একটি ভোল্টমিটারের সহিত যুক্ত করা হইল। নিম্নলিখিত ক্ষেত্রে ভোল্টমিটারে পাঠ কি হইবে নির্ণয় কর:—(ক) যখন কোষ তড়িৎ-প্রবাহ সরবরাহ করে না, (খ) যখন কোষের সহিত একটি তার লাগানো হইল এবং কোষের মধ্যে দিয়া 5 amp. প্রবাহ চলিতেছে।

[The terminals of a cell of e.m.f. 2·05 volts and internal resistance 0·05 ohm are connected to a voltmeter. What will be the reading of the voltmeter when (a) the cell does not supply a current, (b) the terminals of the cell are connected by a wire and a current of 5 amp. flows through the cell ?]

[H. S. (Comp.), 1962]

উঃ] (ক) যখন তড়িৎ কোষ কোন প্রবাহ সরবরাহ করে না তখন ভোল্টমিটার কোষের তড়িচ্চালক বল পরিমাপ করিবে। অর্থাৎ তখন ভোল্টমিটারে 2·05 volts পাঠ পাওয়া যাইবে।

(খ) যখন কোষের সহিত একটি তার যুক্ত করা হইল এবং কোষের মধ্য দিয়া অর্থাৎ তারের মধ্য দিয়া 5 amp. প্রবাহমাত্রা চালু থাকে তখন ভোল্টমিটার তারের প্রান্তীয় বিভব-প্রভেদ পরিমাপ করিবে। এখন, তারের প্রান্তীয় বিভব-প্রভেদ

= তড়িচ্চালক বল − আভ্যন্তরীণ বিভব পতন

$= 2·05 - 0·05 \times 5 = 2·05 - 0·25$

$= 1·8$ volt.

অর্থাৎ ভোল্টমিটারে 1·8 volts পাঠ পাওয়া যাইবে।

10. 1·7 volts তড়িচ্চালক বল এবং 0·2 ohm আভ্যন্তরীণ রোধযুক্ত কোষের চারিটি কোষ শ্রেণী সমবায়ে যুক্ত করিয়া একটি তারের সহিত লাগানো হইল। তারের প্রবাহমাত্রা 0·4 ampere হইলে তারটির রোধ এবং উহার প্রান্তে বিভব-প্রভেদ নির্ণয় কর।

[4 cells, each of e.m f. 1·7 volts and internal resistance 0·2 ohm are joined in series and the combination is connected to a wire. If the current through the wire is 0·4 ampere, calculate the resistance and *p d.* across the ends of the wire.]

উঃ। কোষগুলির মোট তড়িচ্চালক বল $= 4 \times 1·7 = 6·8$ volts

,, ,, আভ্যন্তরীণ রোধ $= 4 \times 0·2 = 0·8$ ohm.

বর্তনীর মোট রোধ $= R + 0·8$ [R = তারটির রোধ]

বর্তনীর মোট প্রবাহমাত্রা $= \dfrac{\text{মোট তড়িচ্চালক বল}}{\text{মোট রোধ}}$

$$\therefore \quad 0·4 = \frac{6·8}{R + 0·8}$$

$$\text{Or,}\quad {\cdot}4R+0{\cdot}32=6{\cdot}8 \quad \text{Or,}\quad {\cdot}4R=6{\cdot}48$$

$$\therefore \quad R=16{\cdot}2 \text{ ohms.}$$

তারের প্রান্তে বিভব-প্রভেদ = তারের রোধ × প্রবাহমাত্রা

$$=16{\cdot}2\times0{\cdot}4=6{\cdot}48 \text{ volts.}$$

11. তিনটি কোষ—প্রত্যেকটির তড়িচ্চালক বল 1·5 volts এবং আভ্যন্তরীণ রোধ 2 ohms—শ্রেণী সমবায়ে সংযুক্ত করিয়া দুইটি সমান্তরাল শ্রেণীতে সজ্জিত তারের প্রান্তদ্বয়ে যোগ করা হইল। তার দুইটির রোধ যথাক্রমে 2 এবং 3 ohms হইলে প্রত্যেকটি তারে প্রবাহমাত্রা এবং সমান্তরাল শ্রেণীর প্রান্তে বিভব-প্রভেদ নির্ণয় কর।

[Three cells, each of e. m. f. 1·5 volts and internal resistance 2 ohms are joined in series and the combination is connected to two resistances 2 and 3 ohms joined in parallel. Calculate the current in each resistance and the terminal *p. d.* of the resistances.]

উঃ। [**Imp.** এক্ষেত্রে বর্তনীর ছবি আঁকিয়া লইয়া অঙ্ক করিলে ভুল হইবে না।]

কোষগুলির মোট তড়িচ্চালক বল = 3 × 1·5 = 4·5 volts

,, ,, আভ্যন্তরীণ রোধ = 3 × 2 = 6 ohms.

তার দুইটি সমান্তরাল শ্রেণীতে থাকায় উহাদের মোট রোধ

$$\frac{1}{R}=\frac{1}{2}+\frac{1}{3}=\frac{5}{6} \qquad \therefore \quad R=\frac{6}{5}=1{\cdot}2 \text{ ohms.}$$

∴ বর্তনীর মোট রোধ = 6 + 1·2 = 7·2 ohms.

$$\text{বর্তনীর মোট প্রবাহমাত্রা}=\frac{\text{মোট তড়িচ্চালক বল}}{\text{মোট রোধ}}$$

$$=\frac{4{\cdot}5}{7{\cdot}2}={\cdot}625 \text{ amp.}$$

∴ সমান্তরাল শ্রেণীর প্রান্তে বিভব-প্রভেদ = শ্রেণীর রোধ × প্রবাহমাত্রা

$$=1{\cdot}2\times{\cdot}625={\cdot}75 \text{ volt.}$$

$$2 \text{ ohm-তারে প্রবাহমাত্রা}=\frac{\text{বিভব-প্রভেদ}}{\text{উহার রোধ}}=\frac{{\cdot}75}{2}={\cdot}375 \text{ amp.}$$

$$3 \quad ,, \quad ,, \quad ,, \quad =\frac{{\cdot}75}{3}={\cdot}25 \text{ amp.}$$

12. দুইটি একই ধরনের কোষ শ্রেণী সমবায়ে আবদ্ধ হইয়া 8 ohms-এর বহির্বর্তনীর ভিতর দিয়া 0·25 amp. প্রবাহ পাঠায়। কোষ দুইটি সমান্তরাল সমবায়ে যুক্ত হইলে পূর্বোক্ত রোধের ভিতর দিয়া 0·16 amp. প্রবাহ পাঠায়। কোষ দুইটির তড়িচ্চালক বল এবং আভ্যন্তরীণ রোধ নির্ণয় কর।

[Two identical cells connected in series drives a current of 0·25 amp. through an external resistance of 8 ohms. When the cells are connected in parallel, the current through the same resistance is 0·16 amp. Calculate the e. m. f. and the internal resistance of the cell.] [H. S. Exam., 1966]

উঃ। ধর প্রত্যেকটি কোষের তড়িচ্চালক বল $=E$ এবং আভ্যন্তরীণ রোধ $=r$.

প্রথম ক্ষেত্রে, মোট তড়িচ্চালক বল $=2E$ এবং মোট আভ্যন্তরীণ রোধ $=2r$.

কাজেই, ওহ্‌ম্ সূত্র হইতে লেখা যায়, $\frac{2E}{2r+8}=0{\cdot}25$...(i)

দ্বিতীয় ক্ষেত্রে, মোট তড়িচ্চালক বল $=E$ এবং মোট আভ্যন্তরীণ রোধ $=\frac{r}{2}$.

কাজেই, ওহ্‌ম্ সূত্র হইতে লেখা যায়, $\frac{E}{\frac{r}{2}+8}=0{\cdot}16$ ..(ii)

(i) নং সমীকরণ হইতে পাই, $\frac{E}{r+4}=0{\cdot}25$ অথবা, $E=0{\cdot}25\times r+1$

(ii) নং ,, ,, ,, $E={\cdot}08\times r+1{\cdot}28$

$\therefore\ 0{\cdot}25\times r+1={\cdot}08\times r+1{\cdot}28$

Or, $0{\cdot}17\times r=0{\cdot}28$ Or, $r=\frac{0{\cdot}28}{0{\cdot}17}=1{\cdot}6$ ohm.

$\therefore\ E={\cdot}08\times1{\cdot}6+1{\cdot}28=1{\cdot}408$ volts.

13. একটি ইস্পাতের তারের উপর সুষমভাবে তামার প্রলেপ দেওয়াতে উহার রোধ কমিয়া অর্ধেক হইয়া গেল। তারের ব্যাস 2 cm. হইলে প্রলেপের বেধ কত? তামার রোধাঙ্ক $=1{\cdot}8\times10^{-6}$ ohm. cm. এবং ইস্পাতের রোধাঙ্ক $=1{\cdot}98\times10^{-6}$ ohm. cm.

[The electrical resistance of a piece of steel wire of diameter 2 cm. is reduced to $\frac{1}{2}$ of its value by uniformly coating it with copper. What is the thickness of copper coating ? Given sp.

resistance of copper $=1.8\times10^{-6}$ ohm cm. and sp. resistance of steel $=1.98\times10^{-6}$ ohm-cm.]

উঃ। এক্ষেত্রে ইস্পাতের তারের রোধ এবং তামার প্রলেপের রোধ পরস্পরের সহিত সমান্তরাল সমবায়ে আছে। যদি ইস্পাতের তারের রোধ R এবং প্রলেপের রোধ x ধরা যায় তবে প্রশ্নানুযায়ী

$$\frac{2}{R}=\frac{1}{R}+\frac{1}{x} \quad \therefore \quad \frac{1}{x}=\frac{1}{R} \quad \text{Or,} \quad x=R\ldots(i)$$

এখন, আমরা জানি, $R=\rho.\frac{l}{A}$

ইস্পাতের তারের বেলাতে, $R=\frac{1.98\times10^{-6}\times l}{\pi(1)^2}$

এবং প্রলেপের বেলাতে, $x=\frac{1.8\times10^{-6}\times l}{2\pi(1)d}$ [$d=$ প্রলেপের বেধ]

$\therefore$ (i) সমীকরণ হইতে $\frac{1.98\times10^{-6}\times l}{\pi(1)^2}=\frac{1.8\times10^{-6}\times l}{2\pi(1)d}$;

$$\text{Or,} \quad d=\frac{1.8}{2\times1.98}=\frac{.9}{1.98}=0.45 \text{ cm. (প্রায়)}$$

14. একটি কোষের সহিত একটি ভোল্টমিটার যুক্ত করিলে 6 volts বিভব-প্রভেদের পাঠ পাওয়া যায়। 20 ohms রোধযুক্ত বাতির সহিত কোষটি লাগাইলে উহা 4 volts-এ দাঁড়ায়। কোষটির আভ্যন্তরীণ রোধ কত ?

[When a voltmeter is connected to a cell, it reads 6 volts. When a lamp of 20 ohms. resistance is connected to the cell, the reading becomes 4 volts. What is the internal resistance of the cell ?]

উঃ। বাতির প্রবাহমাত্রা $=\frac{4}{20}=.2$ amp.

এই প্রবাহমাত্রা কোষের অভ্যন্তরস্থ তরলের ভিতর দিয়াও যাইতেছে। কোষের আভ্যন্তরীণ বিভব-প্রভেদ $=(6-4)=2$ volts.

সুতরাং কোষের আভ্যন্তরীণ রোধ $=\frac{2}{.2}=10$ ohms.

15. 10 ohms এবং 15 ohms-এর দুইটি তারকে শ্রেণী সমবায়ে সজ্জিত করা হইল। ঐরূপ তিনটি শ্রেণীকে সমান্তরাল সমবায়ে সংযুক্ত করা হইল। সমস্ত সমবায়ের মোট রোধ কত হইল ?

[Two wires of resistances 10 ohms and 15 ohms are joined in series. Three such sets are then joined in parallel. What will be the equivalent resistance of the combination ?]

উঃ। [Imp. সমস্ত সমবায়ের একটি নির্ভুল ছবি আঁকিতে চেষ্টা কর।]

প্রত্যেক শ্রেণী সমবায়ের মোট রোধ = 10 + 15 = 25 ohms.

সুতরাং সমস্ত সমবায়ের রোধ R ধরিলে,

$$\frac{1}{R}=\frac{1}{25}+\frac{1}{25}+\frac{1}{25}=\frac{3}{25}$$

$$\therefore \quad R=\frac{25}{3}=8{\cdot}33 \text{ ohms.}$$

16. একই রকমের 10টি কোষকে শ্রেণী সমবায়ে যুক্ত করিয়া 10 ohms রোধযুক্ত একটি তারের সহিত লাগাইলে প্রবাহমাত্রা 1 amp হয় এবং 20 ohms রোধযুক্ত অন্য একটি তারের সহিত লাগাইলে প্রবাহমাত্রা 0·6 amp. হয়। প্রত্যেকটি কোষের তড়িচ্চালক বল এবং আভ্যন্তরীণ রোধ নির্ণয় কর।

[Ten similar cells, connected in series, give a current of 1 amp. when joined to a resistance of 10 ohms. and current of 0·6 amp. when joined to a resistance of 20 ohms. Calculate the e.m.f. and internal resistance of each cell.]

উঃ ধর, প্রত্যেকটি কোষের তড়িচ্চালক বল E এবং আভ্যন্তরীণ রোধ R.

সুতরাং বর্তনীর মোট তড়িচ্চালক বল = 10E

এবং „ „ রোধ = 10R + 10 [প্রথম বার]

∴ প্রবাহমাত্রা = তড়িচ্চালক বল / রোধ

অথবা, $1=\dfrac{10E}{10R+10}=\dfrac{E}{R+1}$

অথবা, $E=R+1.$

দ্বিতীয়বার বর্তনীর মোট রোধ = 10R + 20

$$\therefore \quad {\cdot}6=\frac{10E}{10E+20}=\frac{E}{R+2}$$

$$\therefore \quad E={\cdot}6(R+2)$$

কাজেই $6(R+2)=R+1 \quad \therefore \quad R=0{\cdot}5$ ohm.

$$\therefore \quad E=1+{\cdot}5=1{\cdot}5 \text{ volts.}$$

17. 50 ohms. রোধের দুইটি বাতিকে শ্রেণী সমবায়ে যুক্ত করিয়া 100টি শ্রেণীসমবায়ে সজ্জিত কোষের সহিত যুক্ত করা হইল। প্রত্যেকটি কোষের তড়িচ্চালক বল 1·5 volts এবং আভ্যন্তরীণ রোধ 1 ohm. হইলে প্রত্যেকটি বাতির প্রবাহমাত্রা নির্ণয় কর।

[Two lamps, each of resistance 50 ohms are arranged in series with 100 cells, all joined in series. If the internal resistance of each cell is 1 ohm and the e m.f. of each cell is 1·5 volts, calculate the current in the lamps.] [H. S. Exam., 1960]

উঃ। বাতি দুইটি শ্রেণী সমবায়ে থাকায় প্রত্যেকের ভিতর একই প্রবাহমাত্রা যাইবে। এখন,

বাতির মোট রোধ $=50+50=100$ ohms.

কোষের মোট আভ্যন্তরীণ রোধ $=1\times100=100$ ohms.

∴ বর্তনীর মোট রোধ $=100+100=200$ ohms.

কোষের মোট তড়িচ্চালক বল $=1.5\times100=150$ volts.

∴ বর্তনীর প্রবাহমাত্রা $=\frac{150}{200}=\frac{3}{4}=0.75$ amp.

অনুশীলনী

1. 4 volts তড়িচ্চালক বল এবং 3 ohms আভ্যন্তরীণ রোধযুক্ত একটি ব্যাটারীকে 9 ohms. রোধের একটি তারের সঙ্গে যুক্ত করা হইল। তারে প্রবাহমাত্রা কত ?

[A battery of e. m. f. 4 volts and internal resistance 3 ohms is connected to a wire of 9 ohms resistance. What will be the current through the wire ?] [উঃ 0·33 amp.]

2. একটি ড্যানিয়েল কোষকে (তড়িচ্চালক বল $=1.08$ volts ; আভ্যন্তরীণ রোধ $=0.2$ ohm) একটি পরিবাহীর সহিত যুক্ত করা হইল। পরিবাহীর রোধ 5·2 ohms হইলে প্রবাহমাত্রা কত ?

[A Daniel cell (e. m. f. $=1.08$ volts and internal resistance $=0.2$ ohm) is joined with a wire of resistance 5·2 ohms. What will be the current in the wire ?] [উঃ 0·2 amp.]

3. একটি বৈদ্যুতিক বাতির রোধ 88 ohms এবং উহা জ্বলিবার প্রবাহমাত্রা 0·75 amp বাতিটিকে জ্বালাইতে কত তড়িচ্চালক বল দরকার ?

[An electric lamp has resistance 88 ohms and when it glows. it takes a current of 0·75 amp. What is the *p. d.* required for its proper glowing ?] [উঃ 66 volts]

4. 0·2 amp. প্রবাহমাত্রা একটি পরিবাহীর ভিতর চালু আছে। পরিবাহীর রোধ 10 ohms হইলে প্রবাহ সৃষ্টিকারী কোষের তড়িচ্চালক বল কত? [কোষের আভ্যন্তরীণ রোধ নাই]

[A current of 0·2 amp. flows through a conductor of resistance 10 ohms. What is the e. m. f. of the cell producing the current. The cell may be assumed to have no internal resistance.] [উঃ 2 volts.]

5. 2 volts তড়িচ্চালক বল এবং $\frac{3}{4}$ ohm আভ্যন্তরীণ রোধযুক্ত একটি তড়িৎকোষকে 1, 2 এবং 3 ohms রোধের তিনটি সমান্তরাল সমবায়ে যুক্ত তারের প্রান্তদ্বয়ে লাগানো হইল। তড়িৎ কোষের মধ্য দিয়া কত তড়িৎ প্রবাহ যাইবে নির্ণয় কর।

[A cell having an e. m. f. of 2 volts and a resistance of $\frac{3}{4}$ ohm is connected with three wires of resistances 1, 2 and 3 ohms respectively, the wires being in parallel. Find the current through the cell.] [H. S. (Comp), 1962] [উঃ 1·54 amp.]

6. X এবং Y বিন্দুদ্বয়ের ভিতর তিনটি রোধ শ্রেণী সমবায়ে সজ্জিত আছে। রোধ তিনটির মান যথাক্রমে 50 ohms, 100 ohms এবং 5 ohms এবং X ও Y বিন্দুদ্বয়ের ভিতর বিভব-প্রভেদ 30 volts. রোধগুলির মধ্য দিয়া তড়িৎ-প্রবাহ কত হইবে?

[Three resistances are joined in series between two points X and Y. The resistances are 50 ohms, 100 ohms and 5 ohms respectively and the $p. d.$ between X and Y is 30 volts. What current will pass through the resistances ?] [উঃ 1·94 amp.]

7. X এবং Y বিন্দুদ্বয়ের ভিতর উপরোক্ত তিনটি রোধ সমান্তরাল সমবায়ে সজ্জিত আছে। যদি বর্তনীর মোট প্রবাহমাত্রা 5 amp. হয় তবে X ও Y বিন্দুদ্বয়ের বিভবপ্রভেদ এবং প্রত্যেক রোধের প্রবাহমাত্রা নির্ণয় কর।

[The above three resistance are joined in parallel between X and Y. If the circuit current be 5 amps, ; calculate the $p. d.$ between X and Y and current through each resistance.]

[উঃ 13·05 volts ; ·261 amp. ; ·1305 amp. ; 2·61 amp.]

8. শ্রেণী সমবায়ে যুক্ত 1, 2 এবং 3 ohms রোধের তিনটি তারের প্রান্তে 1·5 volts তড়িচ্চালক বল এবং 3 ohms আভ্যন্তরীণ রোধের একটি লেকল্যান্স কোষ যুক্ত করা হইল। প্রত্যেক তারের প্রান্তীয় বিভব-প্রভেদ এবং কোষের ভিতর বিভব-পতন নির্ণয় কর।

[Wires of resistances 1, 2 and 3 ohms are connected in series across a Leclanche cell of e.m f. 1·5 volts and internal resistance 3 ohms. Calculate the potential difference across each of the wires and also the drop of potential inside the cell.]

[H. S. Exam , 1963]

[উ: 0·166 volt ; 0 332 volt ; 0·498 volt ; 0·504 volt]

9. একটি তারের ব্যাস 0·46 m m. এবং উহার উপাদানের রোধাঙ্ক 50×10^{-6} ohm-cm. ঐ তারের কত দৈর্ঘ্য লইলে 10 ohms রোধ তৈয়ারী হইবে ?

[A wire has diameter 0·46 mm, and the sp. resistance of its material is 50×10^{-6} ohm cm. What length of the wire will give a resistance of 10 ohms ?] [উ: 332·4 cm.]

10. একটি সর্বত্র সমব্যাসযুক্ত 1 metre দৈর্ঘ্যের ধাতব তারের রোধ 1·05 ohms ; ঐ উপাদানে নির্মিত কিন্তু দ্বিগুণ ব্যাসের এবং 50 metres দৈর্ঘ্যের তারের রোধ কত হইবে নির্ণয় কর।

[A uniform wire, 1 metre long, has resistance 1·05 ohms. Another wire of same material, but diameter twice as much as the first and length 50 metres is taken. What will be its resistance ? [উ: 13·125 ohms]

11. নাইক্রোমের রোধাঙ্ক 110×10^{-8} ohm cm. ; 10 metres দীর্ঘ ও 1 sq mm. প্রস্থচ্ছেদযুক্ত নাইক্রোম তারের রোধ কত ? তারটিকে ভাঁজ করিয়া দৈর্ঘ্য অর্ধেক করিলে এবং মুক্ত প্রান্তদ্বয় জুড়িয়া দিলে, রোধ কত হইবে ?

[Nichrome has a resistivity 110×110^{-8} ohm cm. What is the resistance of 10 metres of nichrome wire of cross-section 1 sq. mm. ? What will be the resistance when the wire is folded on itself and the free ends are joined together, thus halving the length ? [H. S. Exam , 1965] [উ: 110 ohm ; 27·5 ohm]

12. 4 এবং 5 ohms-এর দুইটি তারকে সমান্তরাল সজ্জায় রাখা হইল। ঐরূপ তিনটি শ্রেণীকে অতঃপর শ্রেণী সমবায়ে যুক্ত করা হইলে উহাদের মোট রোধ কত হইবে ?

[Two wires of resistance 4 and 5 ohms are joined in parallel. Three such sets are then put in series. What is the resistance of the whole ?] [উ: 6·66 ohms]

13. 5 amp. একটি প্রবাহমাত্রা তিনটি তারে বিভক্ত হইয়া গেল। তার তিনটির দৈর্ঘ্যের অনুপাত 1 : 2 : 3 প্রত্যেকটি তারের উপাদান ও ব্যাস সমান হইলে প্রত্যেকের প্রবাহমাত্রা নির্ণয় কর।

[A current of 5 amp. is divided into three wires. The lengths of the wire are in the ratio 1 : 2 : 3. If the diameter and material of the wires are same, calculate the current strength in each wire.] [উ: 2·72 amp ; 1·36 amp ; 0·909 amp.]

14. 1 ohm এবং 10 ohms রোধযুক্ত দুইটি তারকে সমান্তরাল সমবায়ে যুক্ত করিয়া একটি কোষের সহিত লাগানো হইল। কোষের তড়িচ্চালক বল 1·5 volts এবং আভ্যন্তরীণ রোধ 5 ohms. প্রত্যেক রোধের প্রবাহমাত্রা নির্ণয় কর।

[Two wires of resistance 1 ohm and 10 ohms joined in parallel, are connected to a cell of e. m. f. 1·5 volts and internal resistance 5 ohms. Calculate the current in each wire]

[উ: ·231 amp ; ·023 amp.]

15. 20 ohms এবং 30 ohms রোধের দুইটি তারকে সমান্তরাল সমবায়ে যুক্ত করা হইল। উহাদের তুল্যাঙ্ক রোধ কত? 2·5 amp. প্রবাহমাত্রা উহাদের ভিতর কিরূপভাবে ভাগ হইবে?

[Two wires of resistance 20 ohms and 30 ohms are connected in parallel. What is the equivalent resistance? How will a current of 2·5 amp. distribute itself over the wires ?]

[H S Exam., 1965] [উ: 12 ohms ; 1 5 amp ; 1 amp.]

16. R_1 and R_2 দুইটি সমান্তরাল সমবায়ে যুক্ত রোধের প্রান্তে 6 volts বিভবপ্রভেদ প্রযুক্ত হইল। R_1 রোধে প্রবাহ-মাত্রা 2 amp এবং R_2 রোধে প্রবাহ-মাত্রা 3 amp. দেখা গেল। R_1 এবং R_2 রোধ দুইটির মান কত? উহাদের তুল্যাঙ্ক রোধ কত?

[A potential difference of 6 volts is applied across two conductor of resistance R_1 and R_2 connected in parallel. The current through R_1 is found to be 2 amps. and through R_2 3 amps. Write down the values of R_1 and R_2 and their resistance when connected in parallel.]

[H. S Exam , 1965 (Comp)] [উ: 3 ohms : 2 ohms : 1·2 ohms]

17. 2 volts তড়িচ্চালক বল ও 0·5 ohm আভ্যন্তরীণ রোধযুক্ত একটি কোষকে শ্রেণী সমবায়ে সজ্জিত তিনটি তারের প্রান্তদ্বয়ে লাগানো হইল। তার তিনটির রোধ যথাক্রমে 1 2 এবং 3 ohms হইলে, মধ্যের রোধটির প্রান্তে বিভব-প্রভেদ কত হইবে?

[A cell of e.m.f. 2 volts and internal resistance of 0·5 ohm is connected to the ends of a combination consisting of three resistances in series. If the resistances are 1, 2, 3 ohms respectively, find the *p. d.* across the middle one.] [উ: 0·6154 volt]

18. 10 ohms রোধের পাঁচটি বৈদ্যুতিক বাতিকে সমান্তরাল সজ্জায় রাখা আছে এবং উহাদের প্রান্তে একটি ব্যাটারী ও 0·2 ohm-এর একটি তার শ্রেণীসজ্জায় লাগানো আছে। ব্যাটারীর তড়িচ্চালক বল 20 volts এবং আভ্যন্তরীণ রোধ 0·3 ohm হইলে প্রত্যেকটি বাতিতে কত প্রবাহ যাইতেছে এবং 0·2 ohm তারে কত প্রবাহ যাইতেছে নির্ণয় কর।

[Five electric lamps, each of 10 ohms resistances are connected in parallel and the combination is connected to a battery of e.m.f. 20 volts and internal resistance 0·3 ohm and an external resistance of 0·2 ohm in series. What is the current flowing in each lamp and the external resistance ?]

[উ: প্রত্যেক বাতির প্রবাহ = 1·6 amp.]
0 2 ohm তারে ,, = 8 amp.]

19. একটি ব্যাটারীর তড়িচ্চালক বল 12 volts এবং রোধ 2 ohms. ব্যাটারীর সহিত একটি তার A লাগাইলে ব্যাটারীর বিভব-প্রভেদ 10 volts হয় এবং অন্য একটি তার B লাগাইলে বিভব-প্রভেদ 8 volts হয়। A ও B তার দুইটির রোধ কত ?

[A battery has e.m.f. 12 volts and internal resistance 2 ohms. When a wire A is connected to it, its *p. d.* falls to 10 volts and when connected to another wire B the *p. d.* falls to 8 volts. Find the resistances of A and B] [উ: 10 ohms ; 4 ohms]

20. একটি ব্যাটারীর তড়িচ্চালক বল 21 volts. উহার সহিত 16 ohms রোধের তার লাগাইলে ব্যাটারীর বিভব-প্রভেদ দাঁড়ায় 14 volts ; ব্যাটারীর আভ্যন্তরীণ রোধ কত ?

[A battery has e.m f. 21 volts. When a wire of resistance 16 ohms is connected to it, its *p. d.* falls to 14 volts. What is the internal resistance of the battery ? [উ: 8 ohms]

21. 1·5 volts ও 3 ohms আভ্যন্তরীণ রোধের একটি কোষকে সমান্তরাল শ্রেণীতে সজ্জিত দুইটি তারের সহিত লাগানো হইল। তার দুইটির রোধ 10 ohms এবং 15 ohms. কোষের প্রান্তে বিভব-প্রভেদ এবং প্রত্যেকটি তারের প্রবাহমাত্রা নির্ণয় কর।

[A cell of e.m f. 1·5 volts and internal resistance 3 ohms is connected to two resistances 10 ohms and 15 ohms joined in

parallel. Calculate the terminal $p.\ d.$ of the cell and the current through each resistance.] [উ: 1 volt ; 0·1 amp. 0·066 amp.]

22. একটি ব্যাটারী যখন খণ্ডিত বর্তনীতে (open circuit) থাকে তখন উহার তড়িচ্চালক বল 6 volts ; কিন্তু 2 amp. প্রবাহমাত্রা সৃষ্টি করিলে প্রান্তীয় বিভব-প্রভেদ (terminal potential difference) 4 volts-এ দাঁড়ায়। ব্যাটারীর রোধ কত ?

[When a battery is in open circuit its e m.f. is 6 volts ; but when it sends a current of 2 amps. through an external circuit, its terminal $p.\ d.$ falls to 4 volts. What is the internal resistance of the battery ?] [উ: 1 ohm.]

23. দুই কোষের শ্রেণী সমবায়ে সজ্জিত একটি ব্যাটারীতে প্রত্যেক কোষের তড়িচ্চালক বল 1·4 volts এবং রোধ 0·15 ohm. উহা টর্চ লাইটে ব্যবহার করিলে বাতিতে 1·61 amp. প্রবাহ যায়। বাতিটির রোধ কত ?

[A battery consisting of two cells in series has e m.f. 1·4 volts and internal resistance 0·15 ohm. When used in a torch-light, it produces a current of 1 16 amperes through the bulb. What is the resistance of the bulb ?] [উ: 1·43 ohm.]

24. 1 metre লম্বা একটি সুষম তারকে 2·1 volts বিভব-প্রভেদ এবং 1·5 ohms. আভ্যন্তরীণ রোধের একটি ব্যাটারীর সহিত যুক্ত করা হইল। তারটির রোধ 2 ohms. হইলে তারটির প্রতি একক দৈর্ঘ্যের বিভব-প্রভেদ milli-volts এ প্রকাশ কর।

[The ends of a uniform wire—one metre long—are connected to the terminals of a battery (e.m.f. = 2·1 volts, internal resistance = 1·5 ohm). Find in milli-volts, the fall of potential per unit length of the wire if the resistance of the wire be 2 ohms.]
[H. S. Exam., 1961] [উ: 12 milli-volts per cm.]

25. ABCD হইল তারের একটি চতুর্ভুজ এবং প্রত্যেক বাহুর রোধ 20 ohms. A এবং C বিন্দুর ভিতর একটি 5 ohm কুণ্ডলী লাগানো হইল। A এবং C বিন্দুর ভিতরকার তুল্যাঙ্ক রোধ নির্ণয় কর।

[$ABCD$ is a square, each side of which has a resistance of 20 ohm. A 5 ohm is connected across A and C. Find the equivalent resistance between A and C.] [H. S. Exam, 1967]
[উ: 4 ohms.]

দ্বিতীয় পরিচ্ছেদ

তড়িৎপ্রবাহের তাপীয় ফল

****প্রশ্ন ১। তড়িৎপ্রবাহের তাপীয় ফল সম্পর্কিত জুল সূত্র বর্ণনা কর। ঐ সূত্রের সত্যতা পরীক্ষামূলকভাবে কিরূপে নির্ণয় করিবে ?**

[State Joule's law regarding development of heat by electric current. Describe how you would proceed to verify the law.] [H. S. Exam., 1966]

উঃ। জুল সূত্র ঃ

(i) রোধ ও সময় অপরিবর্তিত থাকিলে উদ্ভূত তাপ (H) প্রবাহমাত্রার (I) বর্গের সমানুপাতিক হয় ; অর্থাৎ $H \propto I^2$ যদি R এবং t ধ্রুবক হয়।

(ii) প্রবাহমাত্রা ও সময় অপরিবর্তিত থাকিলে উদ্ভূত তাপ রোধের (R) সমানুপাতিক হয় ; অর্থাৎ $H \propto R$ যখন I ও t অপরিবর্তিত থাকে।

(iii) রোধ ও প্রবাহমাত্রা অপরিবর্তিত থাকিলে উদ্ভূত তাপ সময়ের (t) সমানুপাতিক হয় ; অর্থাৎ $H \propto t$ যখন I ও R অপরিবর্তিত থাকে।

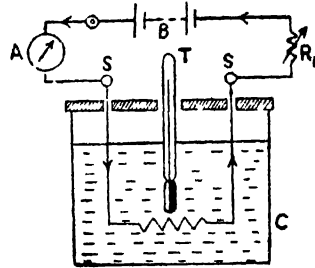
সুতরাং $H \propto I^2.R.t.$

ব্যবহারিক একক অনুযায়ী I-কে এ্যাম্পীয়ারে, রোধ R-কে ওহ্মে ; t সময়কে সেকেণ্ডে ও তাপ H কে ক্যালরিতে প্রকাশ করিলে প্রমাণ করা যায়

$$H = 0{\cdot}24 \times I^2 R.t.$$

সূত্রের সত্যতা পরীক্ষা ঃ

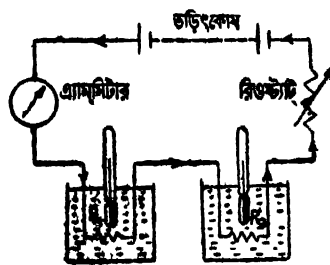
(i) $H \propto I^2$ পরীক্ষা—জানা ওজনের একটি তামার ক্যালরিমিটার (C) লইয়া উহা তাপিন তেল দ্বারা আংশিক ভর্তি কর এবং তেলের ওজন নির্ণয় কর। উহার ভিতর একটি তারের কুণ্ডলী ডুবাইয়া তারের সহিত শ্রেণী সমবায়ে একটি ব্যাটারী B, একটি এ্যাম্মিটার A, একটি রিওস্ট্যাট R_1 যুক্ত

কর (54 নং চিত্র)। R ও t অপরিবর্তিত রাখিতে হইলে কুণ্ডলীর একই দৈর্ঘ্য সর্বদা তেলে ডুবাইয়া রাখিতে হইবে এবং একই সময় ধরিয়া তড়িৎ-প্রবাহ পাঠাইতে হইবে।

চিত্র নং 54

এখন, কুণ্ডলীর ভিতর দিয়া সুবিধামত তড়িৎপ্রবাহ পাঠাও। প্রবাহমাত্রা এ্যাম্‌মিটার হইতে পাঠ কর। একটি থার্মোমিটার T তেলে ডুবাইয়া প্রাথমিক ও চূড়ান্ত তাপমাত্রা নির্ণয় কর এবং উহা হইতে উদ্ভুত তাপ নির্ণয় কর। বিভিন্ন মাত্রার প্রবাহ লইয়া উপরোক্ত পরীক্ষা সম্পন্ন কর।

যদি I_1 প্রবাহমাত্রায় H_1 তাপ এবং I_2 প্রবাহমাত্রায় H_2 তাপ উৎপন্ন হয় তবে উপরোক্ত পরীক্ষার ফলে দেখা যাইবে যে,

$$\frac{H_1}{I_1^2}=\frac{H_2}{I_2^2} \quad \text{অর্থাৎ } H\propto I^2$$

(ii) $H\propto R$ পরীক্ষা—দুইটি একই রকমের ক্যালরিমিটার লইয়া উহাতে একই পরিমাণ তেল লও। উহাতে R_1 ও R_2 রোধের দুইটি কুণ্ডলী ডুবাও এবং উহাদের সহিত শ্রেণী সমবায়ে এ্যাম্‌মিটার, রিওস্ট্যাট, তড়িৎকোষের ব্যাটারী যুক্ত কর (55 নং চিত্র)।

চিত্র নং 55

একটি নির্দিষ্ট সময় ধরিয়া উহাদের ভিতর দিয়া তড়িৎ-প্রবাহ পাঠাও। R_1 ও R_2 শ্রেণী সমবায়ে থাকায় উহাদের ভিতর একই প্রবাহ যাইবে। অর্থাৎ সময় এবং প্রবাহমাত্রা একই থাকিল। যদি দুই রোধে H_1 এবং H_2 ক্যালরি তাপ উৎপন্ন হয় তবে উপরোক্ত পরীক্ষা হইতে দেখা যাইবে যে,

$$\frac{H_1}{R_1}=\frac{H_2}{R_2} \quad \text{অর্থাৎ } H\propto R.$$

(iii) $H \propto t$ পরীক্ষা—প্রথম পরীক্ষার ন্যায় ব্যবস্থা কর (54 নং চিত্র)। এইবার একই প্রবাহমাত্রা পাঠাইতে হইবে। ফলে R এবং I অপরিবর্তিত থাকিবে। ধর, ঐ প্রবাহমাত্রা একবার t_1 সেকেণ্ড ধরিয়া এবং আর একবার t_2 সেকেণ্ড ধরিয়া পাঠানো হইল। তেলের তাপমাত্রার পরিবর্তন লক্ষ্য করিয়া দুইবারের তাপ নির্ণয় কর। যদি উদ্ভূত তাপ H_1 এবং H_2 ক্যালরি হয়, তবে দেখা যাইবে যে,

$$\frac{H_1}{t_1} = \frac{H_2}{t_2} \quad \text{অর্থাৎ } H \propto t.$$

প্রশ্ন ২। কোন তার দিয়া তড়িৎ-প্রবাহ হইলে উদ্ভূত তাপের হার প্রবাহমাত্রা এবং রোধের উপর কিরূপভাবে নির্ভর করে? প্রথম সূত্রটির সত্যতা পরীক্ষামূলকভাবে কিরূপে নির্ণয় করিবে?

[How does the rate, at which heat is developed in a wire by an electric current, depend on the strength of the current and the resistance of the wire? How would you experimentally verify the first law?]

[H. S. Exam., 1962, '63 (Comp.), 1964]

উঃ। 1নং প্রশ্ন দ্রষ্টব্য।

***প্রশ্ন ৩। জুল, ওয়াট, কিলোওয়াট-আওয়ার কাহাকে বলে? একটি বৈদ্যুতিক বাতির গায়ে '230 volts—60 watts' লেখা আছে। ইহার তাৎপর্য কি?**

[Define : *Joule*, *watt* and *kilowatt-hour*. On the body of an electric bulb is written '230 volts—60 watts'—what is its significance?]

উঃ। একটি তারের প্রান্তের বিভব প্রভেদ V হইলে এবং উহার ভিতর দিয়া Q পরিমাণ তড়িতাধান চলিয়া গেলে যে কার্য সম্পাদিত হয় তাহা $W = V \times Q$. এই কার্যের ব্যবহারিক একক joule. যদি 1 coulomb তড়িতাধান 1 volt বিভব-প্রভেদ অতিক্রম করে তবে 1 joule কার্য সম্পাদিত হয়।

বৈদ্যুতিক যন্ত্রের ক্ষমতা (power) প্রকাশের একক হইল watt. যদি কোন তড়িৎ যন্ত্র 1 volt বিভব-প্রভেদের ভিতর দিয়া 1 amp তড়িৎ-প্রবাহ পাঠাইতে পারে তবে উহার ক্ষমতা 1 watt অর্থাৎ 1 watt=1 volt × 1 amp.

বিদ্যুৎ সরবরাহ কোম্পানী বাড়ীতে যে বিদ্যুৎ সরবরাহ করে তাহার পরিমাপ শক্তির একক অনুযায়ী করা হয়। ইহাকে kilowatt-hour বা বোর্ড অব ট্রেড একক (B. O. T Unit) বলে। এক কিলোওয়াট ক্ষমতা-সম্পন্ন যন্ত্র এক ঘণ্টা ধরিয়া তড়িৎ সরবরাহ করিলে মোট শক্তির পরিমাণ এক কিলোওয়াট-আওয়ারের সমান। সুতরাং

$$K.W.H = \frac{\text{এ্যাম্পীয়ার} \times \text{ভোল্ট} \times \text{ঘণ্টা}}{1000}.$$

একটি বৈদ্যুতিক বাতির গায়ে '230 volts—60 watts' লেখা হইতে আমরা বাতিটি সম্বন্ধে অনেক কিছু জানিতে পারি। প্রথমতঃ 230 volts বিভব-প্রভেদে বাতিটি লাগাইলে বাতির উজ্জ্বলতা সর্বাপেক্ষা বেশী হইবে এবং ইহা সেকেণ্ডে 60 watts হিসাবে কার্য করিবে—অর্থাৎ ইহার ক্ষমতা 60 watts. ইহা ছাড়া কোন নির্দিষ্ট সময় ধরিয়া বাতি জ্বালাইলে কত খরচ পড়িবে, ইহা কত তড়িৎ প্রবাহ লয় এবং উহার রোধ কত তাহাও নির্ণয় করা যায়।

প্রঃ ৪। তড়িৎ-প্রবাহের তাপীয় ফলের কয়েকটি ব্যবহারিক প্রয়োগের উল্লেখ কর এবং উহাদের সম্বন্ধে যাহা জান সংক্ষেপে বর্ণনা কর।

[Mention some practical applications of heating effect of electric current and describe, in brief, what you know about them.] [H. S. (Comp.), 1963]

উঃ। তড়িৎপ্রবাহের তাপীয় ফলের ব্যবহারিক প্রয়োগ-স্বরূপ আমরা (i) বিজলী বাতি (electric lamp), (ii) বৈদ্যুতিক স্টোভ, ইস্তিরি, কেট্‌লি, (iii) বৈদ্যুতিক ফিউজ (electric fuse) ইত্যাদি দেখিতে পাই।

(i) বিজলী বাতি : বিজলী বাতিতে একটি তড়িৎ পরিবাহী ফিলামেন্ট থাকে এবং উহার মধ্য দিয়া তড়িৎ-প্রবাহ ঘটিলে উহার তাপমাত্রা অত্যধিক বৃদ্ধি পায় এবং ইহা আলো প্রদান করে। আধুনিক বিজলী বাতিতে ধাতব ফিলামেন্ট ব্যবহার করা হয় এবং গ্যাস ভর্তি একটি কাচের গোলকে ইহাকে আবদ্ধ রাখা হয়। গোলকের ভিতরে সাধারণতঃ 'আরগণ' নামক নিষ্ক্রিয় গ্যাস লওয়া হয়। ইহার ফলে বাতির উজ্জ্বলতা খুব বৃদ্ধি পায়। ইহা ছাড়া আর এক প্রকারের ফিলামেন্ট ব্যবহার করা হয়। ইহাকে 'Coiled coil' ফিলামেন্ট বলা হয়। ইহার উজ্জ্বলতা আরো বেশী। এই ধরনের বাতিকে 'half-watt' বাতি বলে।

(ii) বৈদ্যুতিক স্টোভ, ইস্তিরি, কেটলী ইত্যাদি : এই সমস্ত যন্ত্রে কোন তাপসহ দ্রব্য, যেমন ফায়ার-ক্লে (fire-clay) ইত্যাদির একটি কাঠামোর উপর নিকেল ও ক্রোমিয়াম মিশ্রিত সংকর ধাতু নাইক্রোমের কুণ্ডলী জড়ানো থাকে। 'মেইন্‌স্' হইতে তড়িৎ-প্রবাহ এই কুণ্ডলীর ভিতর দিয়া গেলে যথেষ্ট উত্তাপ উৎপন্ন হয় এবং তাহা দ্বারা রান্না, জল গরম প্রভৃতি গৃহকর্ম সম্পন্ন করা হয়।

(iii) বৈদ্যুতিক ফিউজ : চীনা মাটির বাক্সের ভিতর টিন ও সীসার মিশ্রিত সংকর ধাতুর একটি তার লাগাইয়া বাড়ীতে মিটার বক্সে বসানো থাকে। এই তারকে ফিউজ তার বলে। ইহা বাড়ীর তড়িৎবর্তনীর সহিত শ্রেণী সমবায়ে যুক্ত থাকে। এই তারের গলনাঙ্ক খুব কম, সুতরাং লাইনে কোন কারণে হঠাৎ প্রবাহমাত্রা বৃদ্ধি পাইলে এই ফিউজ তার উত্তপ্ত হইয়া গলিয়া যায় এবং প্রবাহ বন্ধ হয়। ইহার ফলে দুর্ঘটনা হইতে পারে না।

অঙ্ক

1. 4·2 ohms রোধযুক্ত কোন তারে 5 minutes ব্যাপী 2 amperes তড়িৎপ্রবাহ গেলে কত তাপ উদ্ভূত হইবে?

[How much heat is developed in a wire of resistance 4·2 ohms when a current of 2 amps. flows through it for 5 minutes ?]

উঃ। আমরা জানি, $H=0.24\ I^2.R.t$.

এস্থলে $I=2$ amp. ; $R=4.2$ ohms. ; $t=5\times 60$ sec.

সুতরাং $H=0.24\times(2)^2\times 4.2\times 5\times 60$

$=1200$ calories.

2. 20-ohm রোধের একটি তারের ভিতর দিয়া 5 minutes ব্যাপী 10 amp প্রবাহ পাঠানো হইল। ইহার ফলে (a) কত তড়িতাধান গেল, (b) জুল এককে কত শক্তি ব্যয়িত হইল এবং (c) ক্যালরি এককে কত তাপ উৎপন্ন হইল নির্ণয় কর।

[A current of 10 amp. passes through a resistance of 20 ohms for 5 minutes. Calculate (a) the quantity of charge that passes, (b) the energy dissipated in joules, (c) the heat produced in calories] [H. S. Exam., 1966]

উঃ। (a) তড়িতাধানের পরিমাণ = প্রবাহমাত্রা × সময়

$=10\times 5\times 60=3000$ coulombs.

(b) শক্তির পরিমাণ $=I^2R.t$ joules $=(10)^2\times 20\times 5\times 60=6\times 10^5$ joules.

(c) উদ্ভূত তাপের পরিমাণ $=\frac{I^2R.t}{4.2}$ calories $=\frac{6\times 10^5}{4.2}=1.44\times 10^5$ calories.

3. 10 ohms রোধযুক্ত তারের মধ্য দিয়া 2 minutes ব্যাপী 5 amps. তড়িৎ-প্রবাহ চলিল। উদ্ভূত তাপ সম্পূর্ণরূপে 100 gms জলে সরবরাহ করিলে জলের তাপমাত্রা কত বৃদ্ধি পাইবে ?

[A current of 5 amps. flows through a wire of resistance 10 ohms for 2 minutes. The heat developed is completely absorbed by 100 gms. of water. What will be the rise of temperature of water ?]

উঃ: এস্থলে উদ্ভূত তাপ $=H\times 0.24\times I^2\ R\ t$.

$=0.24\times(5)^2\times 10\times 2\times 60$ cal.

যদি t°C তাপমাত্রা বৃদ্ধি হয়, তবে

$100\times t=0.24\times(5)^2\times 10\times 2\times 60$

$\therefore\ t=\frac{0.24\times(5)^2\times 10\times 2\times 60}{100}$

$=0.24\times 25\times 2\times 6=0.24\times 300$

$=72$°C.

4. 80 ohms এবং 120 ohms রোধের দুইটি তার যথাক্রমে (i) শ্রেণী সমবায়ে এবং (ii) সমান্তরাল সমবায়ে লাগাইয়া 100 volts বিভব-প্রভেদের সহিত যুক্ত করা হইল। প্রত্যেক তারে সেকেণ্ডে কত তাপ উদ্ভূত হইবে ?

[Two wires of resistance 80 ohms and 120 ohms are respectively connected (i) in series and (ii) in parallel and then joined to a source of e.m.f. 100 volts. How much heat is developed in each wire per second ?]

উঃ। (i) মোট রোধ $=120+80=200$ ohms

সুতরাং প্রবাহমাত্রা $=\dfrac{\text{বিভব-প্রভেদ}}{\text{মোট রোধ}}=\dfrac{100}{200}=\dfrac{1}{2}$ amp.

যেহেতু তার দুইটি শ্রেণী সমবায়ে আছে কাজেই প্রবাহমাত্রা দুই তারে যাইবে।

অতএব 80 ohms তারে উদ্ভূত তাপ $=0{\cdot}24\times(\frac{1}{2})^2\times80\times1$ cal.

$=4{\cdot}8$ cal.

এবং 120 ohms „ „ „ $=0{\cdot}24\times(\frac{1}{2})^2\times120\times1$ cal.

$=7{\cdot}2$ cal.

(ii) তার দুইটি সমান্তরাল সমবায়ে থাকায় প্রত্যেকের বিভব-প্রভেদ 100 volts.

কাজেই 80 ohms তারে প্রবাহমাত্রা $=\dfrac{100}{80}=\dfrac{5}{4}$ amp.

সুতরাং উহাতে উদ্ভূত তাপ $=0{\cdot}24\times\left(\dfrac{5}{4}\right)^2\times80\times1$ cal.

$=30$ cal

তেমনি, 120 ohms তারে প্রবাহমাত্রা $=\dfrac{100}{120}=\dfrac{5}{6}$ amp.

সুতরাং উহাতে উদ্ভূত তাপ $=0{\cdot}24\times\left(\dfrac{5}{6}\right)^2\times120\times1$

$=20$ calories.

5. 100 watts—220 volts একটি বাতিতে ঠিক মত বিভব-প্রভেদ প্রয়োগ করিলে বাতিতে কত তড়িৎপ্রবাহ যাইবে ? ঐ অবস্থায় বাতির রোধ কত ? যদি 100 volts বিভব-প্রভেদ প্রয়োগ করা হয় তবে বাতিতে তড়িৎ-প্রবাহ কত হইবে এবং ক্ষমতা কত হইবে নির্ণয় কর।

[How much current is taken by a 100 watt—220 volts electric lamp when connected to proper voltage ? What will be

its resistance then? If it is connected to a 100 volt source, what current will it take? How much power will it consume?]

উঃ। আমরা জানি, watts = volts × amperes

কাজেই 100 = 220 × amperes

$$\therefore \text{ তড়িৎ প্রবাহমাত্রা} = \frac{100}{220} = 0.455 \text{ amp.}$$

$$\text{বাতির রোধ} = \frac{\text{বিভব-প্রভেদ}}{\text{প্রবাহমাত্রা}} = \frac{220}{455} = 483.5 \text{ ohms.}$$

যদি 100 volts বিভব-প্রভেদ প্রয়োগ করা হয়, তবে

$$\text{প্রবাহমাত্রা} = \frac{\text{বিভব-প্রভেদ}}{\text{রোধ}} = \frac{100}{483.5} = 0.207 \text{ amp.}$$

অতএব ক্ষমতা = এ্যাম্পীয়ার × ভোল্ট

$$= .207 \times 100 = 20.7 \text{ watts.}$$

6. একটি বৈদ্যুতিক ইস্তিরীর গরম অবস্থায় রোধ 80 ohms. উহাকে 200 volts সরবরাহ লাইনে 2 ঘণ্টা লাগাইয়া রাখিলে কত খরচ পড়িবে? প্রতি ইউনিটের খরচ 3 as.

[The resistance of an electric iron when hot is 80 ohms. How much will it cost if it is used for 2 hours on 200 volt supply line. The rate is 3 as. per unit.]

$$\text{উঃ। ইস্তিরীর ভিতর তড়িৎ-প্রবাহ} = \frac{\text{বিভব-প্রভেদ}}{\text{রোধ}} = \frac{200}{80} = \frac{5}{2} \text{amp.}$$

$$\therefore \text{ মোট ব্যয়িত B.O.T.Unit} = \frac{\text{এ্যাম্পীয়ার} \times \text{ভোল্ট} \times \text{ঘণ্টা}}{1000}$$

$$= \frac{\frac{5}{2} \times 200 \times 2}{1000} = 1.$$

সুতরাং খরচ = 3 as.

7. 2 ohms এবং 4 ohms রোধের দুইটি তারকে শ্রেণী সমবায়ে যুক্ত করিয়া উহাদের প্রান্তে 6 volts বিভব-প্রভেদ প্রয়োগ করা হইল। দুই তারে উদ্ভূত তাপের হার তুলনা কর।

যদি তার দুইটি সমান্তরাল সমবায়ে যুক্ত থাকিত তবে উদ্ভূত তাপের হারের অনুপাত কত হইত?

[Two wires, of resistances 2 ohms and 4 ohms respectively, are connected in series and a potential difference of 6 volts is

applied between the ends. Compare the rates of heating in the two wires.

What would be the ratio of the rates of heating in the two wires if they were connected in parallel ?] [H S Exam., 1964]

উঃ। তার দুইটি শ্রেণী সমবায়ে যুক্ত থাকিলে এবং উহাদের প্রান্তে 6 volts বিভব-প্রভেদ প্রয়োগ করিলে, তার দিয়া সমান প্রবাহমাত্রা যাইবে। জুলের সূত্র হইতে আমরা জানি যে প্রবাহমাত্রা অপরিবর্তিত থাকিলে উদ্ভূত তাপের হার রোধের সমানুপাতিক হয়।

$$\text{সুতরাং এক্ষেত্রে, } \frac{H_1}{H_2}=\frac{2}{4}=\frac{1}{2}$$

তার দুইটি সমান্তরাল সমবায়ে যুক্ত থাকিলে উহাদের প্রত্যেকের বিভব প্রভেদ সমান হইবে। বিভব-প্রভেদ সমান থাকিলে উদ্ভূত তাপের হার রোধের ব্যস্তানুপাতিক হয়।

$$\text{সুতরাং এক্ষেত্রে, } \frac{H_1}{H_2}=\frac{4}{2}=\frac{2}{1}$$

8. একটি বাড়ীতে তিনটি 60-watt বৈদ্যুতিক বাতি এবং দুইটি 40 watt বাতি প্রতিদিন 5 ঘণ্টা করিয়া জ্বালানো হয়। প্রতি B O T. ইউনিটের মূল্য 25 P. হইলে 30 দিনের মাসে ঐ বাড়ীতে মোট বৈদ্যুতিক খরচ কত হইবে নির্ণয় কর।

[A household uses three 60-watt lamps and two 40-watt lamps for 5 hours a day. Find the cost of lighting in a month of 30 days if electric charge is 25 P. per B. O T. unit.]

উঃ। প্রতিদিন যত ওয়াট-ঘণ্টা খরচ হয় তাহা

$$=5\times3\times60+2\times5\times40=900+400=1300$$

এক মাসে যত ওয়াট-ঘণ্টা খরচ হয় তাহা $=1300\times30$

$$\therefore \quad \text{B.O T. একক}=\frac{1300\times30}{1000}=39$$

$$\therefore \quad \text{খরচ}=39\times25 \text{ P.}=\text{Rs. } 9{\cdot}75.$$

অনুশীলনী

1. 10 ohms রোধযুক্ত একটি তারের ভিতর দিয়া 0 8 amp. তড়িৎ প্রবাহ 1 minute ধরিয়া প্রবাহিত হইলে কত তাপ উৎপন্ন হইবে ?

[How much heat will be produced if a current of 0·8 amp flows through a wire of resistance 10 ohms for 1 minute ?]

[উঃ 92·16 cal.]

2. 10 ohms রোধের একটি তারের কুণ্ডলীকে 1000 gms জলের তাপমাত্রা 25°C হইতে 75°Cএ বর্ধিত করিবার জন্য ব্যবহার করা হইল। যদি 10 minutes সময়ে ঐ কার্য সম্পন্ন করিতে হয় তবে কত প্রবাহমাত্রা কুণ্ডলীতে পাঠাইতে হইবে?

[A coil of 10 ohms resistance is utilised to heat 1000 gms of water from 25°C to 75°C. If the work is to be accomplished in 10 minutes, what current should flow through the coil ?]

[উঃ 5·92 amps.]

3. একটি 40 ohms ও একটি 60 ohms রোধ শ্রেণী সমবায়ে যুক্ত করিয়া 200 volts মেইনের সহিত যুক্ত করা হইল। ½ মিনিট সময়ে প্রত্যেক রোধে কত তাপ উৎপন্ন হইবে?

[A 40 ohms resistance and a 60 ohms resistance are connected in parallel and the combination is joined to 200 volts mains. How much heat will be developed in each resistance in ½ minute ?]

[উঃ 11·2 cal. ; 1728 cal.]

4. 10 ohms রোধের ভিতর দিয়া 1 minute ব্যাপিয়া 5 amp. তড়িৎ-প্রবাহ চলিল। উদ্ভূত তাপ 100 gms. তার্পিন তেলে সম্পূর্ণরূপে শোষিত হইলে তেলের তাপমাত্রা কত বৃদ্ধি পাইবে? তার্পিনের আঃ তাঃ=0·42.

[5 amp. current flows through 10 ohms resistance for 1 minute. The heat developed is completely absorbed by 100 gms. of turpentine. What will be the rise in temperature of turpentine, if its sp. heat is 0·42 ?]

[উঃ 85·71°C]

5. একটি '500 watts 240 volts' বৈদ্যুতিক কেটলী 1 kilogram জলকে 15°C হইতে 100°Cএ উত্তপ্ত করিতে ব্যবহার করা হইল। কত সময়ে ঐ জল উত্তপ্ত হইবে? প্রতি ইউনিটের দাম 4 as. হইলে উহাতে কত খরচ পড়িবে?

[A 500 watts—240 volts electric kettle is used to heat 1 kilogram of water from 15°C to 100°C. What will be the time required ? If the cost is 4 as. per unit, what will be the total cost ?

[উঃ 5 min. 40 sec. ; $\frac{17}{90}$ as.]

6. একটি বিজলীবাতির জ্বলন্ত অবস্থায় রোধ 400 ohms. উহাকে 200 volts বিভব-প্রভেদে 10 ঘণ্টা সংযুক্ত রাখা হইল। প্রতি ইউনিটের দাম 4 as. হইলে বাতিটি জ্বালাইতে কত খরচা পড়িবে?

[A glowing electric lamp has resistance 400 ohms. It is connected to 200 volts supply for 10 hours. If the cost is 3 as, per unit, what will be the total cost for lighting the lamp ?

[উ: 3 as.]

7. 100 watts—220 volts একটি বিজলী বাতিকে ঠিকমত বিভব-প্রভেদে 10 ঘণ্টা লাগাইয়া রাখিলে কত ব্যয় হইবে ? প্রতি ইউনিটের খরচা 4 as.

[What will be the total cost of using a 100 watts—220 volts electric lamp for 10 hours if the rate is 4 as. per unit ?]

[উ: 4 as.]

8. দুইটি বিজলী বাতিকে 100 volts সরবরাহ লাইনে আলাদাভাবে লাগাইলে ক্ষমতা যথাক্রমে 60 watts এবং 75 watts হয়। বাতি দুইটির রোধ কত? উহাদের 200 volts লাইনের সহিত শ্রেণী সমবায়ে লাগাইলে উহারা কত watt ক্ষমতা গ্রহণ করিবে ? 60 ঘণ্টা বাতি দুইটি সংযুক্ত থাকিলে কত খরচ পড়িবে ? প্রতি ইউনিটের ব্যয় 4 as.

[Two lamps, connected separately to a 100-volt supply, are found to take 60 watts and 75 watts respectively. Determine the resistance of each lamp. If the two lamps are now joined in series to a 200-volt supply, find (a) the total watts taken by the two lamps, (b) the cost of using the lamps for 60 hours, cost per unit being 4 as.]

[উ: $166\frac{2}{3}$ ohms ; $133\frac{1}{3}$ ohms ; $133\frac{1}{3}$ watts ; Rs. 2.]

9. '400 watts—200 volts' বিজলী বাতি উপযুক্ত বিভব-প্রভেদে সংযুক্ত থাকিলে কত প্রবাহ হইবে এবং রোধ কত হইবে নির্ণয় কর। 100 ঘণ্টা বাতিটি সংযুক্ত থাকিলে কত খরচ হইবে ? প্রতি ইউনিটের দাম 6 as.

[When a 400 watts and 200 volts lamp is connected properly to the supply line, what current will it take ? What will be its resistance ? What will be the cost for using it for 100 hours, cost per unit being 6 as. ?] [উ: 2 amp., 100 ohms. ; Rs. 15.]

10. একই দৈর্ঘ্যসম্পন্ন এবং একই উপাদানে তৈয়ারী দুইটি তারের ব্যাসের অনুপাত 1 : 2, তার দুইটিকে শ্রেণী সমবায়ে যুক্ত করিয়া তড়িৎপ্রবাহ পাঠাইলে উহাতে উদ্ভূত তাপের অনুপাত নির্ণয় কর।

[The diameters of two wires of same length and same material are in the ratio 1 : 2. If the wires are connected in series and a current sent through them, what will be the ratio of the heats developed ?]   [H. S. Exam., 1962]   [উঃ 4 · 1]

[সংকেত : আমরা জানি $\frac{H_1}{H_2}=\frac{R_1}{R_2}$

এখন, $R_1=\frac{4\rho l}{\pi {d_1}^2}$ এবং $R_2=\frac{4\rho l}{\pi {d_2}^2}$

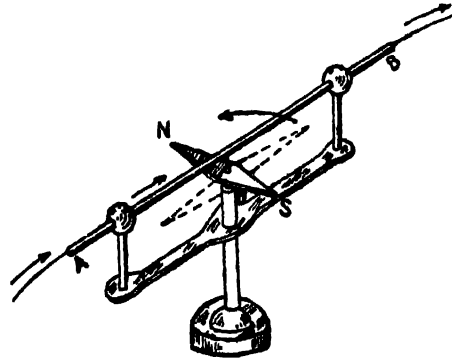
$\therefore \frac{H_1}{H_2}=\frac{4\rho l}{\pi d_1^2}\times\frac{\pi d_2^2}{4\rho l}=\left(\frac{d_2}{d_1}\right)^2=4.$]

তৃতীয় পরিচ্ছেদ

তড়িৎ ও চুম্বকের পারস্পরিক ক্রিয়া

***প্রশ্ন ১। চুম্বকের উপর তড়িৎ-প্রবাহের ক্রিয়া পরীক্ষামূলকভাবে কিরূপে প্রমাণ করিবে? চুম্বক-বিক্ষেপের নিয়মগুলি ব্যাখ্যা কর।**

[How would you demonstrate the action of electric current on magnet? Explain the different rules governing the deflection of a magnetic needle.]

উঃ। চুম্বকের উপর তড়িৎ-প্রবাহের ক্রিয়া সর্বপ্রথম লক্ষ্য করেন ওরস্টেড (Oersted)। তিনি একটি চুম্বক-শলাকা লইয়া তাহার উপর সমান্তরালভাবে একটি পরিবাহী AB রাখিলেন (56 নং চিত্র)। অতঃপর AB পরিবাহী দিয়া তীব্র প্রবাহ পাঠাইয়া তিনি দেখিলেন যে চুম্বক-শলাকাটি বিক্ষিপ্ত হইয়া পরিবাহীর সহিত অভিলম্ব হইয়া দাঁড়াইয়াছে। প্রবাহের অভিমুখ উল্টাইলে

চিত্র নং 56

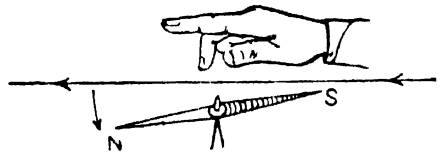
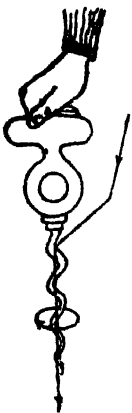
দেখা গেল যে শলাকাটি উল্টাদিকে বিক্ষিপ্ত হইয়াছে। প্রবাহ বন্ধ করিলে শলাকাটি পূর্বেকার অবস্থানে (ছবিতে কাটা লাইন দিয়া দেখানো হইয়াছে) ফিরিয়া আসে। এই পরীক্ষা হইতে সহজেই প্রমাণিত হয় যে চুম্বকের উপর তড়িৎ-প্রবাহের ক্রিয়া আছে।

উপরোক্ত পরীক্ষায় দেখা গেল যে তড়িৎ-প্রবাহের অভিমুখের সহিত চুম্বকের যে-কোনো মেরু—ধর, N-মেরুর বিচলনের (deflection) অভিমুখের সম্পর্ক

আছে। নিম্নলিখিত সূত্রগুলি দ্বারা N-মেরু কোনদিকে বিচলিত হইবে তাহা আমরা জানিতে পারি :—

(i) এ্যাম্পীয়ারের সন্তরণ সূত্র (Ampere's swimming rule) : মনে কর, এক ব্যক্তি চুম্বক-শলাকার দিকে মুখ রাখিয়া পরিবাহী তারের উপর দিয়া তড়িৎ-প্রবাহের অভিমুখে সাঁতার কাটিয়া যাইতেছে (57 নং চিত্র)। এই অবস্থায় তাহার বাঁ হাত যে-দিকে চুম্বক শলাকার N-মেরু তড়িৎ-প্রবাহের ক্রিয়ায় সেই দিকে বিচলিত হইবে সুতরাং S-মেরু বিপরীত দিকে অর্থাৎ ডান হাতের দিকে বিচলিত হইবে।

চিত্র নং 57

(ii) ফ্লেমিং-এর ডান হাত সূত্র (Fleming's right-hand rule) : ডান হাতের তালু এমনভাবে প্রসারিত কর যেন প্রথম তিনটি আঙুল পরস্পরের সহিত লম্বভাবে অবস্থান করে। তর্জনী (forefinger) তার বরাবর প্রবাহের অভিমুখী হইলে, এবং মধ্যমা (middle finger) চুম্বক-শলাকার দিকে মুখ করিয়া থাকিলে, বৃদ্ধাঙ্গুলি (thumb) যে-দিকে থাকিবে চুম্বক-শলাকার N-মেরু সেইদিকে বিচলিত হইবে (58 নং চিত্র)।

চিত্র নং 58

(iii) ম্যাক্সওয়েলের কর্ক-স্ক্রু সূত্র (Maxwell's cork-screw rule) : মনে কর, একটি ডানপাকের কর্ক-স্ক্রুকে এমনভাবে ঘুরানো হইতেছে যে উহা পরিবাহীতে তড়িৎ-প্রবাহের অভিমুখে অগ্রসর হইতেছে। এই অবস্থায় স্ক্রু ঘুরাইতে হইলে বৃদ্ধাঙ্গুলি যেদিকে ঘুরিবে চুম্বক-শলাকার N-মেরু সেইদিকে বিচলিত হইবে (59 নং চিত্র)।

চিত্র নং 59

প্রশ্ন ২। একটি দীর্ঘ তারে এত ক্ষীণ তড়িৎ-প্রবাহ পাঠানো হইল যে তারটিকে একটি চুম্বক-শলাকার কিছু উপরে এবং শলাকার সমান্তরালভাবে স্থাপন করিলে শলাকার কোন বিক্ষেপ লক্ষিত হয় না। শলাকার বিক্ষেপ সৃষ্টি করিবার জন্য তুমি কিরূপ ব্যবস্থা অবলম্বন করিবে ?

[The current flowing through a wire is too weak to deflect a compass needle, when stretched over and parallel to the needle. What arrangements enable you to increase perceptibly the action of the compass needle ?]

[H. S. (Comp.), 1961, '62]

উঃ। একটি দীর্ঘ তার চুম্বক-শলাকার কিছু উপরে এবং শলাকার সমান্তরালে রাখিয়া তার দিয়া ক্ষীণ তড়িৎ-প্রবাহ পাঠাইলে হয় তো চুম্বক-শলাকার উপর কোন প্রভাব বিস্তার করিবে না; কিন্তু তারটিকে যদি আয়তাকার কুণ্ডলী করিয়া শলাকার চতুর্দিকে রাখা যায় তবে ঐ ক্ষীণপ্রবাহ চুম্বক-শলাকাকে বিক্ষিপ্ত করিতে পারিবে। ইহার কারণ এই যে তারের যে অংশ শলাকার উপরে আছে এবং যে অংশ নীচে আছে উহাদের ভিতর দিয়া তড়িৎ-প্রবাহের অভিমুখ উল্টা। এই অবস্থায় অ্যামপীয়ারের সন্তরণ নিয়ম প্রয়োগ করিলে দেখা যাইবে যে তারের দুই অংশের প্রবাহের দরুনই শলাকার N-মেরু একই দিকে বিক্ষিপ্ত হইবে। দুই বিক্ষেপ একই দিকে হওয়ায় শলাকার মোট বিক্ষেপ বৃদ্ধি পাইবে এবং শলাকার গতি লক্ষিত হইবে। তাছাড়া, তারটি দীর্ঘ হওয়ায় কুণ্ডলীতে একাধিক পাকসংখ্যা (no. of turns) করিতে পারিলে একই প্রবাহ-মাত্রায় বিক্ষেপ অনেক বৃদ্ধি পাইবে।

প্রশ্ন ৩। তড়িৎ-প্রবাহ উহার চতুর্দিকে চৌম্বক ক্ষেত্র সৃষ্টি করে। তড়িৎ-প্রবাহের অভিমুখ এবং চৌম্বক ক্ষেত্রের অভিমুখ সম্পর্কিত যে-কোন সূত্রের উল্লেখ কর।

তড়িৎ-প্রবাহযুক্ত একটি পরিবাহীকে একটি চুম্বক-শলাকার অক্ষের সমান্তরালভাবে শলাকার কিছু উপরে রাখিয়া দেখা গেল

যে শলাকার দক্ষিণ-মেরু পূর্বদিকে বিক্ষিপ্ত হইয়াছে। পরিবাহী দিয়া তড়িৎ-প্রবাহের অভিমুখ কোন্ দিকে ?

[An electric current produces a magnetic field around it. State any law that you know connecting the direction of the current and the direction of the field it produces at a point.

A conductor carrying an electric current is held above a magnetic needle parallel to its axis. The south pole of the needle is then found to deflect towards the east. What is the direction on the current ?] [H. S. Exam., 1963]

উঃ। ১ নং প্রশ্ন দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ৪। একটি ছোট চুম্বক-শলাকা একটি খাড়া স্তম্ভের উপর রক্ষিত আছে। একটি তড়িৎবাহী তার যদি শলাকা বরাবর রাখা যায় তবে শলাকা কোন্ অবস্থায় থাকিবে ? নিম্নলিখিত ক্ষেত্রে শলাকার কি পরিবর্তন দেখা যাইবে ? (i) তারটি শলাকার উপরে, (ii) তারটি শলাকার নীচে, (iii) তড়িৎ-প্রবাহের অভিমুখ উল্টা করা হইলে, (iv) তড়িৎ-প্রবাহের মাত্রা বৃদ্ধি করিলে।

[A small magnetic needle is suspended on a vertical pivot. How would it place itself when a wire carrying a current is held horizontally over it ? What change in its deflection will occur when (i) the wire is above the needle, (ii) the wire is below the needle, (iii) the direction of current is reversed, (iv) the current strength is increased ?]
[H. S. Exam., 1961]

উঃ। চুম্বক-শলাকা সাধারণ অবস্থায় উত্তর-দক্ষিণমুখী হইয়া থাকিবে। কিন্তু যদি তড়িৎবাহী তার শলাকা বরাবর রাখা যায় তবে ঐ তড়িৎ-প্রবাহ যে চৌম্বক ক্ষেত্রের সৃষ্টি করিবে তাহা চুম্বক-শলাকাকে বিক্ষিপ্ত করিবে। চুম্বক-শলাকা তারের সহিত লম্বভাবে থাকিবার চেষ্টা করিবে।

(i) তারটি শলাকার উপরে রাখিলে তড়িৎ-প্রবাহের অভিমুখ অনুযায়ী শলাকার N মেরু একটি নির্দিষ্ট দিকে বিচলিত হইবে। এই বিচলনের দিক্ অ্যামপীয়ারের সন্তরণ সূত্র হইতে নির্ণয় করা যায়।

(ii) তারটি শলাকার নীচে রাখিলে পূর্বে N-মেরু যে-দিকে বিচলিত হইয়াছিল, এইবার তাহার বিপরীত দিকে বিচলিত হইবে। এই দিক-নির্ণয়ও পূর্বোক্ত সূত্র হইতে করা যায়।

(iii) তারটি উপরে কিংবা নীচে রাখিয়া তড়িৎ-প্রবাহের অভিমুখ উত্তর হইতে দক্ষিণে হইলে N-মেরু যে দিকে বিচলিত হয় প্রবাহের অভিমুখ উল্টাইয়া দক্ষিণ হইতে উত্তরে করিলে N-মেরু বিপরীত দিকে বিচলিত হইবে।

(iv) তড়িৎ-প্রবাহের মাত্রা বৃদ্ধি পাইলে শলাকার বিচলনের মাত্রাও বৃদ্ধি পায়।

****প্রশ্ন ৫। চিত্রাঙ্কন দ্বারা নিম্নলিখিত ক্ষেত্রে উৎপন্ন চৌম্বক ক্ষেত্রের বিশেষত্ব বুঝাইয়া দাও:—(i) তড়িৎবাহী ঋজু পরিবাহী, (ii) তড়িৎবাহী বৃত্তাকার পরিবাহী, (iii) তড়িৎবাহী সলিনয়েড।**

[Explain, with the help of diagrams, the characteristics of the magnetic field produced by (i) a linear conductor carrying a current, [H. S. (Comp.), 1964] (ii) a circular conductor carrying a current, (iii) a solenoid carrying a current. [H. S. Exam., 1963]

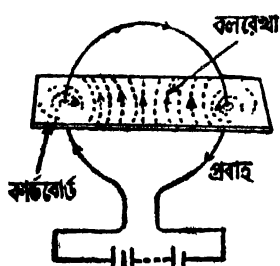
উঃ। (i) তড়িৎবাহী ঋজু পরিবাহী:

সোজা লম্বা একটি তার PQ-এর ভিতর দিয়া তড়িৎ প্রবাহিত হইলে উহার চতুর্দিকে যে চৌম্বক ক্ষেত্রের সৃষ্টি হইবে তাহা পর্যালোচনার জন্য 60 নং চিত্রে প্রদর্শিত ব্যবস্থা অবলম্বন করিতে হইবে। একটি কার্ডবোর্ডের মধ্যস্থলে ছিদ্র করিয়া তারটি পরাও। বোর্ডের উপর কিছু কিছু লৌহচূর্ণ ছড়াইয়া তারে প্রবাহ চালাইলে এবং বোর্ডের উপর আস্তে আস্তে টোকা দিলে লৌহচূর্ণগুলি একটি বিশেষ সজ্জায় সজ্জিত হইবে। লৌহচূর্ণের এই সজ্জা প্রবাহ কর্তৃক সৃষ্ট চৌম্বক ক্ষেত্রের বলরেখার সজ্জা

চিত্র নং 60

নির্দেশ করে। এই সজ্জা হইতে নিম্নলিখিত বিশেষত্বগুলি দৃষ্টিগোচর হইবে :— (ক) বলরেখাগুলি সমকেন্দ্রিক বৃত্ত এবং সব বৃত্তের কেন্দ্র তার ও কার্ডবোর্ডের ছেদবিন্দু, (খ) বৃত্তগুলির তল তারের অভিমুখের সমকোণে অবস্থিত, (গ) কার্ড-বোর্ডের উপর তারের কাছে একটি ছোট সূচী-চুম্বক রাখিলে উহার উত্তর মেরু যে-দিকে মুখ করিয়া থাকিবে চৌম্বক বলরেখার অভিমুখ সেদিকে হইবে।

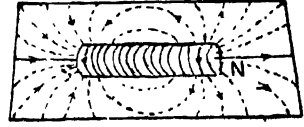
(ii) তড়িৎবাহী বৃত্তাকার পরিবাহী :

তড়িৎবাহী বৃত্তাকার পরিবাহী উহার চতুর্দিকে যে চৌম্বক ক্ষেত্র সৃষ্টি করে তাহা পর্যালোচনার জন্য 61 নং চিত্রে প্রদর্শিত ব্যবস্থা অবলম্বন করিতে হইবে। একটি অনুভূমিক কার্ডবোর্ডের মধ্য দিয়া একটি বৃত্তাকার তার এমনভাবে পরাও যে বৃত্তের কেন্দ্র কার্ডবোর্ডে অবস্থিত হয় এবং বৃত্তের তল কার্ডবোর্ডের তলের সহিত অভিলম্ব হয়। বোর্ডের উপর কিছু লৌহচূর্ণ ছড়াইয়া তার দিয়া তীব্র তড়িৎ-প্রবাহ পাঠাও। বোর্ডের উপর আস্তে আস্তে টোকা দিলে দেখা যাইবে

চিত্র নং 61

যে লৌহচূর্ণগুলি বিশেষ সজ্জায় সজ্জিত হইল। ঐ সজ্জা তড়িৎবাহী বৃত্তাকার পরিবাহী কর্তৃক সৃষ্ট চৌম্বক ক্ষেত্রের বলরেখা নির্দেশ করিবে। বলরেখাগুলি লক্ষ্য করিলে চৌম্বক ক্ষেত্রের নিম্নলিখিত বিশেষত্ব দেখা যাইবে :— (ক) তারের সহিত বোর্ডের ছেদবিন্দুর নিকটবর্তী বলরেখাগুলি প্রায় বৃত্তাকার। তার হইতে যতদূরে যাওয়া যায় ততই বলরেখাগুলি সোজা হইতে থাকে। (খ) তারের কেন্দ্রের কাছাকাছি বলরেখাগুলি প্রায় সমান্তরাল এবং তারের তলের সহিত অভিলম্ব হয়। সুতরাং তারের কেন্দ্রের চারিপাশে সামান্য অঞ্চলে চৌম্বক ক্ষেত্র সমবলসম্পন্ন (uniform) বলিয়া ধরা যাইতে পারে।

(iii) তড়িৎবাহী সলিনয়েড :

একটি সলিনয়েডকে একখানি কার্ডবোর্ডের সহিত এমনভাবে আটকাও যে, উহার অর্ধাংশ কার্ডবোর্ডের উপরে এবং বাকী অর্ধাংশ নীচে থাকে—অর্থাৎ

সলিনয়েডের অক্ষ বোর্ডের সমতলে অবস্থিত হয় (62 নং চিত্র)। কার্ডবোর্ডে কিছু লৌহচূর্ণ বিছাও এবং সলিনয়েডে তীব্র তড়িৎ-প্রবাহ চালনা কর। কার্ডবোর্ডকে আস্তে আস্তে টোকা দিলে লৌহচূর্ণগুলি একটি বিশেষ সজ্জায় সজ্জিত হইবে। ইহাই হইবে সলিনয়েড কর্তৃক সৃষ্ট চৌম্বকক্ষেত্রের বলরেখা। বলরেখাগুলি লক্ষ্য করিলে দেখা যাইবে যে দণ্ড-চুম্বকে যেমন বলরেখা হয় ইহারাও ঠিক সেইরূপ। এইজন্য তড়িৎবাহী সলিনয়েডকে দণ্ড-চুম্বকের সমান ধরা যাইতে পারে।

চিত্র নং 62

***প্রশ্ন ৬। একটি মোটা টেস্টটিউবে কিছু পাতলা সালফিউরিক অ্যাসিড রাখিয়া উহাতে একটি তামা এবং একটি দস্তার পাত আংশিক ডুবাইয়া রাখা হইল। দুইটি মোটা তার উক্ত পাত দুইটির সহিত যুক্ত করিয়া টেস্টটিউবের মুখে আঁটা ছিপির ছিদ্র দিয়া বাহির করিয়া একটি তারের কুণ্ডলীর সহিত যুক্ত করা হইল। অতঃপর টেস্টটিউবটি জলে ভাসানো হইল। ইহাতে কি দেখা যাইবে? একটি দণ্ড-চুম্বক তারের কুণ্ডলীর কাছে লইলে কি হইবে?**

[A strip of copper and a strip of zinc are dipped in dil. H_2SO_4 contained in a fairly wide test-tube. Two thick wires are then soldered to the plates and they pass through a piece of cork which closes the mouth of the tube. A coil of wire is connected to the free ends of the stout wire. The whole arrangement is then allowed to float in water. What will happen? If a bar-magnet is brought near the coil, what the coil will do?

উঃ। তামা ও দস্তার পাত সালফিউরিক এ্যাসিডের সংযোগ একটি সরল কোষ (simple cell) তৈয়ারী করিবে এবং তামার পাত হইতে কুণ্ডলীর ভিতর দিয়া দস্তার পাতে তড়িৎ-প্রবাহ যাইবে। কুণ্ডলীর ভিতর এই তড়িৎ-

প্রবাহের ফলে ইহা তড়িৎবাহী সলিনয়েড হইবে। আমরা জানি তড়িৎবাহী সলিনয়েড দণ্ড-চুম্বকের ন্যায় ব্যবহার করে। যেহেতু টেস্ট-টিউব জলে ভাসিতেছে, কাজেই ইহা বাধাহীনভাবে নড়াচড়া করিতে পারে। কাজেই সমস্ত জিনিসটি বাধাহীনভাবে রক্ষিত দণ্ড-চুম্বকে পরিণত হইবে। ফলে কুণ্ডলী আস্তে আস্তে ঘুরিয়া স্বীয় অক্ষ উত্তর দক্ষিণে রাখিয়া স্থির হইবে। ইহাকে নাড়িয়া দিলে কিছুক্ষণ আন্দোলনের পর পুনরায় ইহা পূর্বেকার অবস্থানে আসিয়া স্থির হইবে।

কোন দণ্ড-চুম্বক উহার কাছে আনিলে চুম্বক ও কুণ্ডলীর ভিতর আকর্ষণ বা বিকর্ষণ হইবে। সলিনয়েড বা কুণ্ডলীতে তড়িৎ-প্রবাহের অভিমুখ অনুযায়ী দুই মুখে দুই বিপরীত মেরুর উদ্ভব হইবে এবং কুণ্ডলীর মুখের কাছাকাছি দণ্ড-চুম্বকের মেরু অনুযায়ী কুণ্ডলী আকর্ষণ বা বিকর্ষণ অনুভব করিবে।

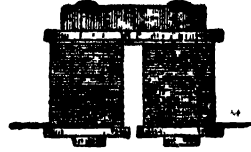
উপরোক্ত ব্যবস্থাকে De la Rive-এর ভাসমান ব্যাটারী (floating battery) বলে।

****প্রশ্ন ৭। তড়িৎ-চুম্বক কাহাকে বলে? তড়িৎ-চুম্বক বর্ণনা কর। প্রাকৃতিক চুম্বক বা কৃত্রিম চুম্বকের সহিত তড়িৎ-চুম্বকের পার্থক্য কি?**

[What is an electromagnet ? Describe the construction of an electromagnet How does it differ from a natural magnet or an artificial magnet ?] [H S (Comp.), 1960]

উঃ। তড়িৎ-প্রবাহের সাহায্যে কোন চৌম্বক পদার্থকে চুম্বকে পরিণত করিলে সাধারণভাবে তাহাকে তড়িৎ-চুম্বক বলা হয়। তড়িৎবাহী সলিনয়েডের মধ্যে নরম লোহা প্রবেশ করাইলে সলিনয়েডের ভিতরের চৌম্বকক্ষেত্র নরম লোহাকে আবেশের দ্বারা চুম্বকে পরিণত করে। সলিনয়েডে তড়িৎ-প্রবাহ বন্ধ করিলে চৌম্বকক্ষেত্র অন্তর্হিত হয় এবং নরম লোহার চুম্বকত্বও চলিয়া যায়। এই ধরনের চুম্বককে তড়িৎ-চুম্বক বলে।

ব্যবহারিক ক্ষেত্রে যে সমস্ত তড়িৎ-চুম্বক কাজে লাগানো হয় তাহা অশ্ব-খুরের ন্যায় আকৃতিবিশিষ্ট (63 নং চিত্র)। ইহার গায়ে রেশমমণ্ডিত

তামার তার জড়ানো থাকে। তার দিয়া তড়িৎ-প্রবাহ চালনা করিলে ইহা তীব্র শক্তিসম্পন্ন চুম্বকে পরিণত হয়। তড়িৎ-চুম্বকের বিশেষ সুবিধা এই যে প্রবাহের মাত্রা ও পাকের (turns) সংখ্যা পরিবর্তন করিয়া চৌম্বক-ক্ষেত্রের প্রাবল্য ইচ্ছামত বাড়ানো, কমানো বা লোপ করা চলে। প্রবাহ বিপরীতমুখী করিয়া চৌম্বকক্ষেত্রের অভিমুখ উল্টাইয়া দেওয়া যায়। এই ধরনের সুবিধা স্থায়ী বা অন্যপ্রকার চুম্বকে নাই।

চিত্র নং 63

তড়িৎ-চুম্বকের সহিত প্রাকৃতিক বা অন্যান্য কৃত্রিম চুম্বকের নিম্নলিখিত পার্থক্য দেখিতে পাওয়া যায়।

(i) প্রাকৃতিক বা কৃত্রিম চুম্বকের শক্তি বা প্রাবল্য খুব কম কিন্তু তড়িৎ-চুম্বকের প্রাবল্য খুব বেশী। খুব শক্তিশালী বৃহদাকার তড়িৎ-চুম্বক দ্বারা বড় বড় লৌহখণ্ড স্থানান্তরিত করা যায়।

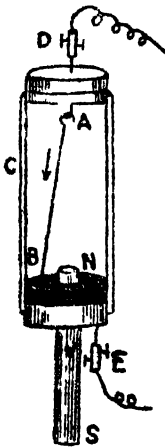
(ii) তড়িৎ-প্রবাহের মাত্রা বা তারের পাক-সংখ্যা বাড়াইয়া কিংবা কমাইয়া তড়িৎ-চুম্বকের প্রাবল্য ইচ্ছামত বাড়ানো বা কমানো যায়। কিন্তু প্রাকৃতিক বা কৃত্রিম চুম্বকের প্রাবল্য ঐভাবে বাড়ানো কমানো যায় না।

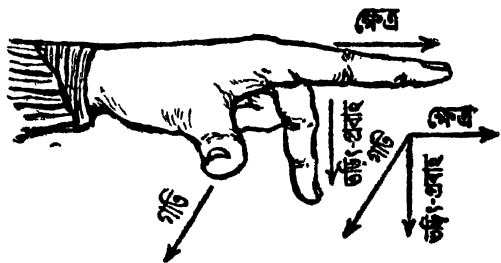
(iii) প্রাকৃতিক বা কৃত্রিম চুম্বকের চুম্বকত্ব স্থায়ী হয় কিন্তু তড়িৎ-চুম্বকে তড়িৎ-প্রবাহ বন্ধ করিলেই চৌম্বকত্ব অন্তর্হিত হয়।

প্রশ্ন ৮। চৌম্বকক্ষেত্রে রক্ষিত একটি তড়িৎবাহী তারের ক্রমাগত ঘূর্ণনের একটি ব্যবস্থা বর্ণনা কর। চৌম্বকক্ষেত্রের অভিমুখ তড়িৎপ্রবাহের অভিমুখ এবং ঘূর্ণনের অভিমুখের পারস্পরিক সম্পর্কযুক্ত সূত্র বর্ণনা কর।

[Describe an arrangement for producing continuous rotation of a wire carrying current when placed in a magnetic field. How is the direction of the current related to the field and direction of motion of the wire ?]

[H. S Exam., 1962, 1963 (Comp.)]

উঃ। 64 নং চিত্রে তারের ঘূর্ণনের উপযুক্ত ব্যবস্থা প্রদর্শিত হইয়াছে। C একটি মোটা কাচের নল। উহার দুই দিক ছিপি দিয়া বন্ধ করিয়া নীচের ছিপির ভিতর দিয়া একটি দণ্ড চুম্বক N-Sএর N-মেরু ঢুকানো আছে। উপরের ছিপি হইতে একটি আংটার সাহায্যে একটি তার AB ঝুলন্ত অবস্থায় থাকে। নীচের ছিপির উপর খানিকটা পারদ রাখিতে হইবে যাহাতে তারের B প্রান্ত পারদে ঠেকিয়া থাকে। এইবার D ও E বন্ধনীর সহিত ব্যাটারী যুক্ত করিয়া AB তারে তড়িৎ-প্রবাহ চালনা করিলে তারটি চুম্বক-মেরু N-এর চতুর্দিকে ঘুরিতে থাকিবে। প্রবাহের অভিমুখ উল্টাইয়া দিলে তারটি উল্টা পাকে ঘুরিবে। এস্থলে N-মেরু কর্তৃক সৃষ্ট চৌম্বকক্ষেত্র সর্বদা তারের সহিত অভিলম্ব হওয়ায় তড়িৎবাহী তারটি যে বল অনুভব করে তাহাই সর্বদা তারকে বৃত্তাকার পথে চালিত করে। এই পরীক্ষা দ্বারা তড়িৎ-প্রবাহের উপর চুম্বকের ক্রিয়া আছে তাহা প্রমাণিত হয়। তারের গতির অভিমুখ, চৌম্বক-ক্ষেত্রের অভিমুখ এবং প্রবাহের অভিমুখের ভিতর সম্পর্ক ফ্লেমিং-এর বাম হস্ত নিয়ম (Fleming's left-hand rule) দ্বারা নির্ণয় করা যায়।

চিত্র নং 64

সূত্রটি নিম্নরূপ :

বামহস্তের প্রথম তিনটি আঙুল পরস্পরের সহিত সমকোণে রাখিয়া প্রসারিত কর। যদি তর্জনী চৌম্বকক্ষেত্রের দিক্ নির্দেশ করে, এবং মধ্যমা তড়িৎপ্রবাহের দিক্ নির্দেশ করে, তবে বৃদ্ধাঙ্গুলী তারের গতির অভিমুখ নির্দেশ করিবে (65 নং চিত্র)

চিত্র নং 65

প্রশ্ন ৯। (ক) চুম্বকের উপর তড়িৎপ্রবাহের ক্রিয়া, (খ) তড়িৎ-প্রবাহের উপর চুম্বকের ক্রিয়া প্রদর্শনের জন্য সহজ পরীক্ষা বর্ণনা কর। ঐ ক্রিয়া দুইটি যে-নিয়মের দ্বারা পরিচালিত তাহা উল্লেখ কর।

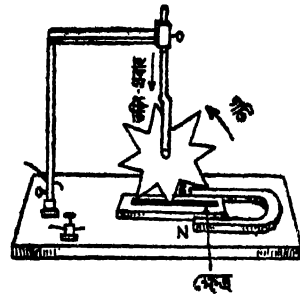
[Describe simple experiments to demonstrate (a) the action of current on a magnet, (b) the action of a magnet on a current. State, in each case, any rule that governs the action.] [H. S. (Comp.), 1965]

উঃ। (ক) ১নং প্রশ্ন দ্রষ্টব্য।

(খ) ৮নং প্রশ্ন দ্রষ্টব্য।

প্রশ্ন ১০। নিম্নলিখিত যন্ত্র দুইটির বিবরণ ও কার্যপ্রণালী ব্যাখ্যা কর:

(i) **বার্লো-চক্র (Barlow's wheel)** [H.S. Exam., '60, '64, '67], ও (ii) **রজেটের স্পন্দনশীল কুণ্ডলী** (Roget's vibrating spiral)। [H. S. (Comp), 1960].

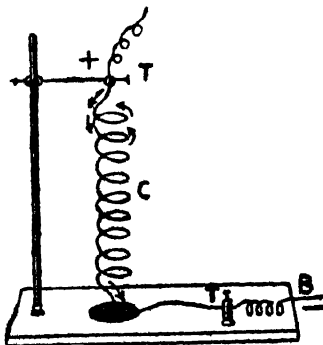
উঃ। (i) **বার্লো চক্র:** তড়িৎপ্রবাহের উপর চুম্বকের ক্রিয়ার ফলে পরিবাহির অবিরাম গতি উৎপন্ন করা যায়। বার্লো চক্রের সাহায্যে এইপ্রকার আবর্তন গতি দেখান যায়। এই যন্ত্রে কয়েকটি দাঁতবিশিষ্ট তারকাকৃতি পাতলা তামার চক্র থাকে (66নং চিত্র)। এই চক্র একটি অনুভূমিক অক্ষের উপর ঘুরিতে পারে। চাকার নীচে যন্ত্রের পাটাতনের উপর একটি গর্তে কিছু পারদ রাখা হয়। চাকার দাঁত ঐ পারদকে স্পর্শ করে। চাকার অক্ষে তড়িৎকোষের ধনাত্মক এবং পারদের গর্তে কোষের ঋণাত্মক মেরু যুক্ত করিলে তড়িৎ প্রবাহ চিত্রে যেমন দেখানো হইয়াছে ঐরূপ প্রবাহিত হইবে। চক্রের দুই পাশে U-আকৃতির

চিত্র নং 66

একটি শক্তিশালী চুম্বক রাখিলে চক্রের আড়াআড়ি চৌম্বকক্ষেত্রের সৃষ্টি হইবে।

ইহার ফলে যে দাঁতটি পারদ স্পর্শ করিয়া থাকিবে তাহা ফ্লেমিং-এর বামহস্ত নিয়ম অনুযায়ী তীরচিহ্নের দিকে বিচলিত হইবে এবং পারদ হইতে উঠিয়া আসিবে। কিন্তু পরক্ষণে পরবর্তী দাঁত আসিয়া পারদ স্পর্শ করিবে এবং এই-ভাবে চাকা প্রবলবেগে ঘুরিতে থাকিবে। তড়িৎ-প্রবাহ বা চৌম্বক ক্ষেত্রের অভিমুখ উল্টাইয়া দিলে চাকা বিপরীত দিকে ঘুরিবে।

(ii) **রজেটের স্পন্দনশীল কুণ্ডলী :**

দুইটি তড়িৎ-প্রবাহের ভিতর পারস্পরিক ক্রিয়া আছে এবং প্রবাহ দুইটি একমুখী ও সমান্তরাল হইলে পরস্পরকে আকর্ষণ করে উহা রজেটের স্পন্দনশীল কুণ্ডলী দ্বারা প্রদর্শন করানো যায়।

একটি সরু, হালকা তামার স্প্রীং বা কুণ্ডলী C একটি অবলম্বন হইতে ঝুলানো হয় (67 নং চিত্র)। স্প্রীংয়ের পাকগুলি খুব কাছাকাছি এবং সমান্তরাল। কুণ্ডলীর শেষপ্রান্তে একটি ধাতব ভার থাকে। ইহাতে কুণ্ডলী একটু প্রসারিত হয় এবং পাটাতনের একটি গর্তে রক্ষিত কিছু পারাকে স্পর্শ করিয়া থাকে। দুইটি বন্ধনীর (T, T) সহিত কুণ্ডলীর উপর প্রান্ত এবং পারদের সংস্পর্শ আছে। ঐ বন্ধনী দুইটির সহিত একটি ব্যাটারী যুক্ত আছে।

চিত্র নং 67

তড়িৎ-প্রবাহ কুণ্ডলীর মধ্য দিয়া প্রবাহিত হইবে এবং একই দিকে যাইবে। পাকগুলি সমান্তরাল হওয়ায় প্রত্যেক দুইটি পাক পরস্পরকে আকর্ষণ করিবে এবং কুণ্ডলী কিছু সংকুচিত হইবে। ইহাতে ভারটি কিছু উপরে উঠিয়া পারদের সহিত সম্পর্ক ছিন্ন করিবে এবং তড়িৎ-প্রবাহ বন্ধ করিয়া দিবে। সঙ্গে সঙ্গে পাকগুলির ভিতর আকর্ষণ বলও অন্তর্হিত হইবে এবং ভারের জন্য স্প্রীং প্রসারিত হইয়া পারদের সহিত সম্পর্ক স্থাপন করিবে। অর্থাৎ আবার তড়িৎ-প্রবাহ চলিবে। এইরূপে কুণ্ডলী অনবরত স্পন্দিত হইতে থাকিবে।

চতুর্থ পরিচ্ছেদ

তড়িৎ-বিশ্লেষণ (Electrolysis)

প্রশ্ন ১। নিম্নলিখিত রাশিগুলির ব্যাখ্যা কর:—(i) আয়ন (ii) তড়িৎবিশ্লেষ্য, (iii) তড়িৎবিশ্লেষণ, (iv) তড়িৎবিশ্লেষক কোষ। ভোল্টীয় কোষ ও তড়িৎবিশ্লেষক কোষের ভিতর পার্থক্য কি ?

[Explain the following terms :—(i) Ion, (ii) Electrolyte, (iii) Electrolysis, (iv) Electrolytic cell.

What is the difference between an electrolytic cell and a voltaic cell ?] [H. S. Exam., 1964]

উঃ। (i) কোন অণু, পরমাণু অথবা মূলক (radical)-এ যদি স্বাভাবিক সংখ্যার ইলেকট্রন অপেক্ষা বেশী বা কম ইলেকট্রন থাকে তবে উহাদের বলা হয় আয়ন। যদি ইলেকট্রনের সংখ্যা স্বাভাবিক অপেক্ষা বেশী থাকে তবে উহাতে ঋণাত্মক তড়িতের প্রকাশ হইবে এবং সেই কারণে উহাকে বলা হইবে ঋণাত্মক আয়ন। আবার, ইলেকট্রন সংখ্যা স্বাভাবিক অপেক্ষা কম হইলে, উহাতে ধনাত্মক তড়িতের প্রকাশ হইবে এবং সেই কারণে উহাকে ধনাত্মক আয়ন বলা হইবে। একথা মনে রাখা প্রয়োজন যে স্বাভাবিক অবস্থায় পরমাণু বা অণু প্রভৃতিতে ইলেকট্রনের মোট ঋণাত্মক তড়িত উহার কেন্দ্রকে অবস্থিত মোট ধনাত্মক তড়িতের সমান—অর্থাৎ উহা নিস্তড়িত।

(ii) যে-তরলের ভিতর দিয়া ধনাত্মক ও ঋণাত্মক আয়নের সহায়তায় তড়িৎ-প্রবাহ চালু থাকে তাহাকে তড়িৎ-বিশ্লেষ্য বলা হয়। যেমন, তুঁতের দ্রবণ, সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ ইত্যাদি তড়িৎ-বিশ্লেষ্য। ক্ষারক, লবণ এবং অম্লের দ্রবণ সাধারণভাবে তড়িৎ-বিশ্লেষ্য।

(iii) দ্রবণের ভিতর দিয়া তড়িৎ-প্রবাহ হইলে, দ্রাব পদার্থের অণুগুলির বিশ্লেষণের দরুন দ্রবণে যে রাসায়নিক ক্রিয়া দেখা যায় তাহাকেই তড়িৎ-বিশ্লেষণ বলে।

(iv) একই উপাদানে তৈয়ারী দুইটি তড়িদ্বার (electrodes) সহ তড়িত-বিশ্লেষ্যপূর্ণ কোন পাত্রকে তড়িৎ-বিশ্লেষক কোষ বলা হয়। এই কোষে বাহিরের কোন তড়িৎ-উৎস হইতে তড়িৎশক্তি সরবরাহ করিয়া রাসায়নিক ক্রিয়া সংঘটন করানো হয়।

শেষাংশ: ভোল্টীয় কোষ এবং তড়িৎবিশ্লেষক কোষ এক নহে। ভোল্টীয় কোষের তড়িৎ-দ্বার দুইটি বিভিন্ন উপাদানে তৈরী কিন্তু তড়িৎ-বিশ্লেষক কোষের তড়িদ্বার দুইটি একই উপাদানে তৈরী। ভোল্টীয় কোষে তড়িদ্বার ও তড়িৎ-বিশ্লেষ্যের সংস্পর্শতলে যে রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটে তাহার ফলে রাসায়নিক শক্তি বহির্বর্তনীতে তড়িৎ-শক্তিরূপে আত্মপ্রকাশ করে। কিন্তু তড়িৎবিশ্লেষক কোষে বাহিরের কোন তড়িৎ-শক্তির উৎস হইতে তড়িৎ সরবরাহ করিয়া রাসায়নিক ক্রিয়া সংঘটন করানো হয়।

***প্রশ্ন ২। তড়িৎবিশ্লেষণ সম্পর্কিত ফ্যারাডের সূত্র কি? উহার পরীক্ষামূলক প্রমাণ কিরূপে করা যায়? তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক এবং রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক কাহাকে বলে?**

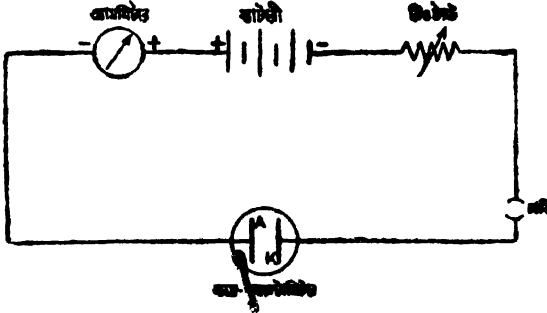
[State Faraday's laws of electrolysis. How would you verify them? Define electro-chemical equivalent and chemical equivalent.] [cf. H. S. **Exam.**, 1965]

উঃ। প্রথম সূত্র: তড়িৎ-বিশ্লেষ্যের ভিতর দিয়া যে-পরিমাণ তড়িৎ প্রবাহিত হয় মুক্ত আয়নের ভর উহার সমানুপাতিক।

দ্বিতীয় সূত্র: সমপরিমাণ তড়িৎ বিভিন্ন তড়িৎ-বিশ্লেষ্যের ভিতর দিয়া প্রবাহিত হইলে বিভিন্ন তড়িতদ্বারে মুক্ত আয়নের ভর উহাদের রাসায়নিক তুল্যাঙ্কের সমানুপাতিক হয়।

পরীক্ষামূলক প্রমাণ:

প্রথম সূত্র: একটি তাম্র-ভোল্টামিটার লও এবং উহাকে একটি রিওস্ট্যাট, অ্যামমিটার, একটি প্লাগ চাবি ও একটি তড়িৎ-কোষের ব্যাটারীর সহিত শ্রেণী সমবায়ে যুক্ত কর (চিত্র নং 68)। ব্যাটারী হইতে তড়িৎ-প্রবাহ পাঠাইবার পূর্বে তামার ভোল্টামিটারের ক্যাথোড পাতটি (k) তুলিয়া

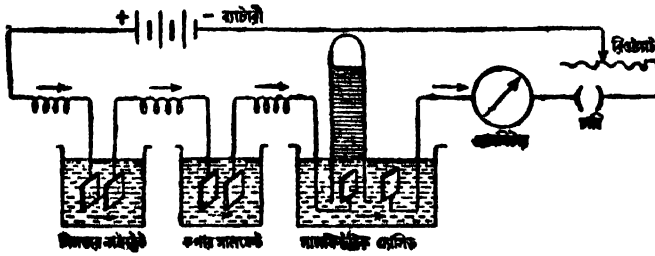
লইয়া পরিষ্কার কর ও শুষ্ক অবস্থায় উহার ওজন নির্ণয় কর। রিওস্ট্যাটের মান এমনভাবে নিয়ন্ত্রিত কর যাহাতে ক্যাথোড পাতের প্রতি 50 sq. cm. ক্ষেত্রফলে 1 amp. প্রবাহ-মাত্রা যায়। এইবার ক্যাথোড পাতটি যথাস্থানে রাখিয়া

চিত্র নং 68

ভোল্টামিটার দিয়া তড়িৎ-প্রবাহ পাঠাও। ধর, 1 amp প্রবাহ মাত্রা t_1 sec. ধরিয়া চলিল। অ্যামমিটার হইতে এই প্রবাহ-মাত্রা ও স্টপ্-ঘড়ি হইতে প্রবাহ-কাল নির্ণয় করিতে হইবে। অতঃপর পাতটিকে তুলিয়া পরিষ্কার জলে ধুইয়া ফেল এবং শুষ্ক করিয়া পুনরায় ওজন লও। এই দুই ওজন হইতে মুক্ত তামার ভর পাওয়া যাইবে। ধর, ইহা W_1 gms. ; পুনরায় পাতটিকে যথাস্থানে রাখিয়া পূর্বের প্রবাহ-মাত্রা ভিন্ন সময় t_2 sec. পাঠাও। পূর্বের ন্যায় মুক্ত তামার ভর নির্ণয় কর। ধর, ইহা W_2 gms. ; দেখা যাইবে,

$$\frac{W_1}{W_2}=\frac{I \times t_1}{I \times t_2}=\frac{Q_1}{Q_2} \quad \text{অর্থাৎ } W \propto Q.$$

দ্বিতীয় সূত্র : এবার, তিনটি ভোল্টামিটার—তাম্র, রৌপ্য ও জল ভোল্টামিটার—ব্যাটারী, অ্যামমিটার, রিওস্ট্যাট ও চাবির সহিত শ্রেণী সমবায়ে যুক্ত কর (চিত্র নং 69)। শ্রেণী সমবায়ে যুক্ত বলিয়া, প্রত্যেক ভোল্টামিটার দিয়া একই তড়িৎ-প্রবাহ একই সময় ধরিয়া চালু থাকিবে। এখন, একটি নির্দিষ্ট সময় ব্যাপী ব্যাটারী হইতে তড়িৎপ্রবাহ পাঠাও। এক্ষেত্রে, ভোল্টামিটারগুলির ক্যাথোডে তামা, রূপা এবং হাইড্রোজেন জমা হইবে। পূর্বের মত মুক্ত তামা ও রূপার ভর নির্ণয় কর। হাইড্রোজেনের বেলাতে

স্বাভাবিক তাপমাত্রা ও চাপে আয়তন নির্ণয় করিয়া উহার ভর বাহির কর। যদি মুক্ত রূপা, তামা ও হাইড্রোজেনের ভর যথাক্রমে W_1, W_2 ও W_3 gms.

চিত্র নং 6

হয় এবং উহাদের রাসায়নিক তুল্যাঙ্কের মান যথাক্রমে C_1, C_2 এবং C_3 হয়, তবে উপরোক্ত পরীক্ষার ফলে দেখা যাইবে,

$$W_1 : W_2 : W_3 = C_1 : C_2 : C_3.$$

ইহা দ্বিতীয় সূত্র প্রমাণ করে।

শেষাংশ : কোন পদার্থের তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাঙ্কের সংজ্ঞাস্বরূপ বলা যাইতে পারে যে 1 coulomb (অর্থাৎ 1 amp প্রবাহ-মাত্রা 1 sec. ব্যাপী) তড়িৎ ঐ পদার্থের লবণ ঘটিত কোন দ্রবণের ভিতর দিয়া প্রবাহিত হইলে যত গ্রাম ঐ পদার্থ মুক্ত করিবে তাহাই ঐ পদার্থের তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক। যেমন, রূপার তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক 0·001118 gm/coulomb বলিতে আমরা বুঝি যে রৌপ্যঘটিত কোন লবণের দ্রবণের ভিতর দিয়া 1 coulomb তড়িৎ পাঠাইলে 0·001118 gm রূপা মুক্ত হইবে।

কোন মৌলের রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক (chemical equivalent) বলিতে আমরা ঐ মৌলের পারমাণবিক ওজন ও যোজ্যতার (valency) অনুপাত বুঝি। অর্থাৎ

$$\text{রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক} = \frac{\text{পারমাণবিক ওজন}}{\text{যোজ্যতা}}$$

প্রশ্ন ৩। তড়িৎবিশ্লেষণ পদ্ধতির সাহায্যে কোন তড়িৎ-বর্তনীর প্রবাহ-মাত্রা কিরূপে নির্ণয় করিবে? বর্তনীর একটি চিত্র অঙ্কন কর এবং উহাতে ক্যাথোড ও অ্যানোডের অবস্থান নির্দেশ কর।

[How would you measure current flowing in a circuit by means of electrolysis? Draw the circuit diagram and indicate clearly the cathode and anode?]

[**cf. H. S. Exam., 1964**]

উঃ। তড়িৎবিশ্লেষণ পদ্ধতির সহায়তায় কোন বর্তনীর প্রবাহ-মাত্রা নির্ণয় করা যায়। একটি তামার ভোল্টামিটার লও এবং উহার ক্যাথোড পাতটি পরিষ্কার করিয়া শুষ্ক অবস্থায় ওজন নির্ণয় কর। এখন, যে-বর্তনীর প্রবাহ-মাত্রা নির্ণয় করিতে হইবে তাহার দুই প্রান্ত ভোল্টামিটারের দুই পাতের সহিত যুক্ত কর (চিত্র নং 68 দেখ)। লক্ষ্য রাখিতে হইবে যে বর্তনীর ঋণাত্মক প্রান্ত যেন ক্যাথোড পাতের সহিত যুক্ত হয়। এখন কিছুক্ষণ যাবৎ তড়িৎ-প্রবাহ ভোল্টামিটারের ভিতর দিয়া প্রবাহিত হইতে দাও। স্টপ্-ঘড়ির সাহায্যে ঐ প্রবাহ-কাল দেখিয়া রাখ। প্রবাহ বন্ধ করিয়া ক্যাথোড পাতটি তুলিয়া লও এবং ধৌত করিয়া শুষ্ক অবস্থায় ওজন লও। এই দুই ওজন হইতে মুক্ত তামার ওজন পাওয়া যাইবে। ধর, ইহা W-gms.; আমরা জানি, $W = Z. I. t. \quad \therefore \quad I = \frac{W}{Z.t}$

সুতরাং W এবং 't' জানা থাকায় এবং তামার তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক Z জানা থাকিলে তড়িৎ প্রবাহ-মাত্রা I নির্ণয় করা যাইবে।

শেষাংশ: 68 নং চিত্র দেখ। ঐ চিত্রে A হইল অ্যানোড পাত এবং K হইল ক্যাথোড পাত।

প্রশ্ন ৪। তড়িৎবিশ্লেষণ পদ্ধতির কয়েকটি প্রয়োজনীয় প্রয়োগ উল্লেখ কর এবং সংক্ষেপে উহাদের বর্ণনা কর।

[Mention some important applications of electrolysis and give a short description of them.]

উঃ। নানা শিল্পকর্মে ও ব্যবসাপ্রতিষ্ঠানে তড়িৎ-বিশ্লেষণের প্রয়োজনীয় ব্যবহারিক প্রয়োগ দেখিতে পাওয়া যায়। ইহাদের সম্বন্ধে সংক্ষেপে আলোচনা করা হইল।

(i) **ইলেকট্রোপ্লেটিং** বা তড়িৎ-প্রলেপন—এই প্রক্রিয়ার দ্বারা কাঁটা, ছুরি, চামচ, বোতাম, বিভিন্ন যন্ত্রপাতির অংশ প্রভৃতির উপর নানারকম ধাতু, যেমন—সোনা, রূপা, নিকেল প্রভৃতির প্রলেপ দেওয়া হয়। ইহাতে জিনিসগুলি চকচকে এবং সুন্দর দেখায়। ছুরি, কাঁটা প্রভৃতি যে-সকল দ্রব্যে প্রলেপ দিতে হইবে সেগুলি একটি দণ্ড হইতে একটি বাক্সের ভিতর ঝুলানো থাকে। বাক্সের ভিতর রূপা, সোনা প্রভৃতির—যাহার প্রলেপ দিতে হইবে—তাহার দ্রবণ থাকে। অপর দণ্ড হইতে প্রলেপ অনুযায়ী বিশুদ্ধ রূপা বা তামার একটি প্লেট ঝুলানো থাকে। দণ্ড দুইটির সহিত তড়িৎকোষ লাগাইলে তড়িৎপ্রবাহ—দ্রবণের ভিতর দিয়া যাইবে এবং ঝুলন্ত জিনিসগুলির উপর প্রলেপ পড়িবে। এইভাবে লোহার উপর দস্তার প্রলেপ দিয়া গ্যালভানাইজ্‌ড্‌ লোহা তৈরী করা হয়।

(ii) **ইলেকট্রোটাইপিং**ঃ—ইলেকট্রোপ্লেটিং-এর এক বিশেষ পদ্ধতি। যে-সকল পুস্তক বা লেখা বহু কপি ছাপাইতে হয় তাহা সাধারণত ইলেকট্রো-টাইপ প্লেট হইতে ছাপানো হয়। প্রথমে লেখাটি সাধারণ টাইপে কম্পোজ করা হয় এবং মোমের উপর তাহার একটি ছাপ লওয়া হয়। উহার উপরে কিছু গ্রাফাইট গুঁড়া ছড়াইয়া তড়িৎ-পরিবাহী করা হয়। অতঃপর একটি তুঁতের দ্রবণে উহাকে ক্যাথোড পাত হিসাবে ঝুলানো হয় এবং অ্যানোড পাত হিসাবে তামার একটি প্লেট ব্যবহার করা হয়। তড়িৎপ্রবাহ চালাইলে মোমের ছাঁচের উপর তামা জমিবে এবং খানিকটা পুরু হইলে ছাঁচ হইতে উহাকে ছাড়াইয়া নেওয়া হয়। ইহার সাহায্যে লেখাটির বহু কপি ছাপানো হয়।

একই পদ্ধতিতে গ্রামোফোনের রেকর্ড তৈয়ারী করা হয়।

(iii) **ধাতু নিষ্কাশন ও শোধন**ঃ অ্যালুমিনিয়াম, সোডিয়াম, পটাসিয়াম প্রভৃতি ধাতু নিষ্কাশনে এবং কস্টিক পটাশ প্রভৃতি রাসায়নিক দ্রব্যাদি প্রস্তুতিতে তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতির ব্যাপক ব্যবহার দেখিতে পাওয়া যায়। তাছাড়া, তামা, দস্তা প্রভৃতি ধাতু আকরিক হইতে নিষ্কাশনের পর শোধন করিবার জন্যও তড়িৎ বিশ্লেষণ পদ্ধতি কাজে লাগানো হয়।

অঙ্ক

1. 3 amp. প্রবাহমাত্রা তুঁতের দ্রবণের মধ্য দিয়া 30 min. ব্যাপী পাঠানোর ফলে 1·78 gm. তামা মুক্ত হইল। তামার তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক কত?

[1·78 gms. of copper are liberated when a current of 3 amp. flows through a copper sulphate solution for 30 minutes. Calculate the E. C. E. of copper.]

উঃ। আমরা জানি, $W = Z.I.t.$

এক্ষেত্রে, $W = 1·78$ gms ; $I = 3$ amp ; $t = 30 \times 60$ sec.

কাজেই, $1·78 = Z \times 3 \times 30 \times 60$

or, $Z = \frac{1·78}{3 \times 30 \times 60} = 3·3 \times 10^{-4}$ gms./coulomb.

2. 300 sq. cm. ক্ষেত্রফলের একটি ধাতব প্লেটের উপর নিকেলের প্রলেপ দিতে হইবে। এই উদ্দেশ্যে 3 hours ব্যাপী 1·5 amp. প্রবাহমাত্রা পাঠাইলে প্রলেপ কত পুরু হইবে? নিকেলের ঘনত্ব = 8·8 gms/c.c., নিকেলের তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক = ·000304 gm/coulomb.

[A metal plate having a total surface area of 300 sq. cm. is to be nickel-plated. If a current of 1·5 amp. is used for 3 hours, find the thickness of the nickel deposited on the plate. Density of nickel = 8·8 gms/c.c. and E. C. E. of nickel = ·000304 gms/coulomb.]

উঃ। ধর, প্রলেপ d.cm পুরু হইয়া জমা হইল। অতএব, জমা নিকেলের আয়তন $= 300 \times d$.c.c. এবং ঐ নিকেলের ওজন $= 300 \times d \times 8·8$ gms.

এখন আমরা জানি, $W = Z.I.t.$

এক্ষেত্রে, $W = 300 \times d \times 8·8$ gms ; $Z = ·000304$ gm/coulomb ; $I = 1·5$ amp ; $t = 3 \times 60 \times 60$ sec.

$\therefore \quad 300 \times d \times 8·8 = ·000304 \times 1·5 \times 3 \times 60 \times 60$

$\therefore \quad d = \frac{·000304 \times 1·5 \times 3 \times 60 \times 60}{300 \times 8·8}$ cm $= ·00189$ cm $= ·0189$ mm.

3. একটি ব্যাটারী হইতে প্রাপ্ত তড়িৎ-প্রবাহ সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ হইতে 6 gm. রূপা মুক্ত করে। স্থানীয় ক্রিয়া দ্বারা শতকরা 20 ভাগ দস্তা নষ্ট হইলে ব্যাটারীতে মোট কত দস্তা নষ্ট হইবে ? দস্তার রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক = 32·5 এবং রূপার = 108.

[How much zinc will be consumed in a battery the current from which deposits 6 gm. of silver from a bath of silver nitrate, if 20 per. cent. of zinc is wasted through local action ? Chemical equivalent of zinc = 32·5 , of silver = 108] **[H. S. Exam , 1965]**

উঃ। আমরা জানি, $\frac{\text{মুক্ত দস্তার ভর}}{\text{,, রূপার ,,}} = \frac{\text{দস্তার রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক}}{\text{রূপার ,, ,,}}$

অথবা, $\frac{\text{মুক্ত দস্তার ভর}}{6} = \frac{32 \cdot 5}{108}$

$\therefore$ মুক্ত দস্তার ভর $= \frac{32 \cdot 5 \times 6}{108} = 1 \cdot 8$ gms.

তাছাড়া, শতকরা 20 ভাগ দস্তা স্থানীয় ক্রিয়ায় নষ্ট হইতেছে বলিয়া, ঐ দস্তার পরিমাণ $= \frac{20}{80} \times 1 \cdot 8 = 0 \cdot 45$ gms.

সুতরাং মোট ব্যয়িত দস্তার পরিমাণ $= 1 \cdot 8 + 0 \cdot 45 = 2 \cdot 25$ gms.

অনুশীলনী

1. 3 sec. সময়ে 2 amp. প্রবাহমাত্রা 0·006708 gm রূপা মুক্ত করিলে একই সময়ে একই বর্তনীতে কত গ্রাম তামা মুক্ত হইবে ? তামার পারমাণবিক ওজন = 63 6 , উহার যোজ্যতা = 2 , রূপার পারমাণবিক ওজন = 107·9 , উহার যোজ্যতা = 1.

[If 0 006708 gm. of silver is deposited by 2 amp in 3 sec., what mass of copper would be deposited in the same time in the same circuit ? At. wt of Cu = 63 6 , its valency = 2 , at. wt. of Ag = 107·9 , its valency = 1] [উঃ 0·001977 gm.]

2. একটি তামার ভোল্টামিটারে তড়িৎ প্রবাহের ফলে 10 minute সময়ে 1·5 gm. তামা মুক্ত হইল। তামার তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক ·000328 gm/coulomb হইলে প্রবাহমাত্রা নির্ণয় কর।

[In a copper voltameter, the mass of copper deposited is 1·5 gms. in 10 minutes. If E. C. E of copper is ·000328 gm./coulomb, find the current flowing through the voltameter.]

উঃ 7·62 amp.]

3. একটি তামার ভোল্টামিটারের সহিত শ্রেণী সমবায়ে একটি প্রমাণ 2 ohm রোধ যুক্ত আছে। 30 minutes প্রবাহ পাঠাইবার পর ক্যাথোড পাতের 1·476 gms ওজন বৃদ্ধি হইল। 2 ohm রোধের প্রান্তে যুক্ত একটি ভোল্টামিটারে 5 volts পাঠ পাওয়া গেল। তামার তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক নির্ণয় কর।

[A copper voltameter is connected in series with a battery and a standard 2-ohm resistance. The current is passed for 30 minutes and the increase in weight of the cathode is 1·476 gms. The mean reading of a voltameter connected across the 2-ohm coil is 5 volts. Calculate the E. C. E. of copper.]

[উঃ $3·28 \times 10^{-4}$ gm./coulomb]

[**সংকেত :** এক্ষেত্রে প্রবাহমাত্রা, $I = \frac{\text{ভোল্টামিটার পাঠ}}{2 \text{ ohm}} = \frac{5}{2} = 2·5$ amp.

এখন, $W = Z\, I.\, t.$ সমীকরণ প্রয়োগ কর।]

4. শ্রেণী সমবায়ে আবদ্ধ একটি অ্যামমিটার ও একটি রৌপ্য ভোল্টামিটারের ভিতর দিয়া তড়িৎ প্রবাহ পাঠানো হইল। 20 minutes সময়ে 2·021 gm. রূপা বিমুক্ত হইল এবং অ্যামমিটার পাঠ 1·492 amp. পাওয়া গেল। অ্যামমিটারে ত্রুটির পরিমাণ নির্ণয় কর।

[A current is passed in series through an ammeter and a silver voltameter. The mass of silver deposited in 20 minutes is 2·021 gms. and the ammeter reads 1·492 amp. Find the error in the ammeter. [উঃ 0·018 amp.]

5. একটি ব্যাটারী হইতে প্রাপ্ত তড়িৎ-প্রবাহ সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ হইতে 60 gms. রূপা বিমুক্ত করে। স্থানীয় ক্রিয়ার দরুন শতকরা 20% দস্তা নষ্ট হইলে, মোট কত দস্তা নষ্ট হইবে নির্ণয় কর। রূপার রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক = 108 ; দস্তার = 32·6.

[How much zinc will be consumed in a battery the current from which deposits 60 gms. of silver from a silver nitrate solution, 20% of the zinc being wasted through local action ? Chemical equivalent of silver = 108 and that of zinc = 32·6]

[উঃ 22·62 gms.]

(**সংকেত :** 3 নং করা অঙ্ক দেখ)

পঞ্চম পরিচ্ছেদ

তড়িৎ-চুম্বকীয় আবেশ

****প্রশ্ন ১। তড়িৎ-চুম্বকীয় আবেশ ও আবিষ্ট তড়িৎ-প্রবাহ কাহাকে বলে? একটি চুম্বক ও একটি তড়িৎবাহী বর্তনী দ্বারা আবিষ্ট তড়িৎ-প্রবাহ উৎপন্ন করিবার পরীক্ষাগুলি বর্ণনা কর।**

[What do you understand by electromagnetic induction and induced current? Describe experiments to show the production of such currents (a) by a magnet, (b) by a current.] [cf. H. S. Exam , 1961 ; (Comp.) 1962, '63]

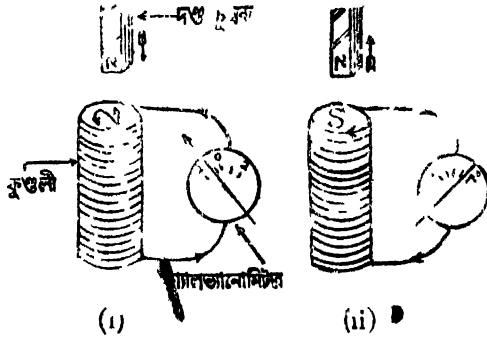
Or,

তোমাকে একটি তারের কুণ্ডলীর সহিত যুক্ত একটি সুবেদী গ্যালভানোমিটার দেওয়া হইল। নিম্নলিখিত ক্ষেত্রে কি দেখা যাইবে তাহা কারণসহ বর্ণনা কর:—(i) কুণ্ডলীর ভিতর একটি দণ্ড-চুম্বকের N-মেরু দ্রুত ঢুকানো হইল, (ii) মেরুটি কুণ্ডলীর ভিতর রাখা হইল, (iii) উহা দ্রুত বাহির করিয়া লওয়া হইল।

[You are given a coil of wire connected to the terminals of a sensitive galvanometer. State, giving reasons, what will happen when (i) the N-pole of a bar magnet is quickly introduced into the coil, (ii) it is kept there, (iii) it is quickly withdrawn.] [H. S. Exam., 1960]

উঃ। একটি চুম্বক বা একটি তড়িৎবাহী বর্তনীর সাহায্যে অন্য একটি সংহত বর্তনীতে (closed circuit) ক্ষণস্থায়ী তড়িচ্চালক বল সৃষ্টি করাকে তড়িৎ-চুম্বকীয় আবেশ বলা হয়। ঐ সংহত বর্তনীতে যে ক্ষণস্থায়ী তড়িৎ-প্রবাহ চলে তাহাকে আবিষ্ট তড়িৎ-প্রবাহ বলে।

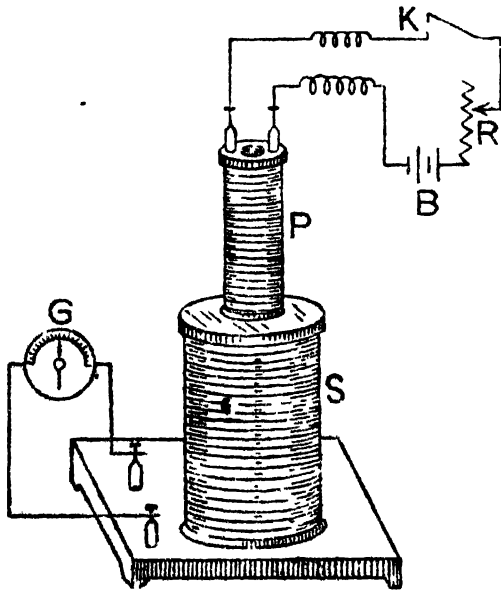
(i) **চুম্বক কর্তৃক আবিষ্ট প্রবাহ**—কয়েকটি পাকের একটি তারের কুণ্ডলীর সহিত একটি সুবেদী গ্যালভানোমিটার যুক্ত কর। এইবার একটি দণ্ড-চুম্বকের যে কোন মেরু—ধর, N-মেরু তাড়াতাড়ি কুণ্ডলীর মধ্যে প্রবেশ

করাও [70 (i) চিত্র]। দেখিবে গ্যালভানোমিটারে কাঁটার একটি ক্ষণিক বিক্ষেপ হইল। ইহা প্রমাণ করে যে কুণ্ডলীতে একটি ক্ষণস্থায়ী তড়িৎ-প্রবাহ সৃষ্টি হইল। যদি চুম্বকের গতি বন্ধ করা যায় তবে গ্যালভানোমিটারেও কোন

চিত্র নং 70

বিক্ষেপ হয় না—অর্থাৎ কোন প্রবাহ থাকে না। যদি দণ্ড-চুম্বককে খুব তাড়াতাড়ি কুণ্ডলী হইতে বাহির করিয়া লওয়া হয় তাহা হইলে আবার গ্যালভানোমিটার কাঁটার ক্ষণিক বিক্ষেপ হইবে—কিন্তু বিপরীত দিকে। অর্থাৎ দণ্ড-চুম্বক বাহির করিয়া লওয়াতে কুণ্ডলীতে বিপরীতমুখী ক্ষণিক তড়িৎ-প্রবাহ আবিষ্ট হইল [70 (ii) নং চিত্র]।

যদি দণ্ড-চুম্বককে কোন স্থানে স্থির রাখিয়া কুণ্ডলীকে উহার নিকটে এবং দূরে সরানো যায় তবে উপরোক্ত একই ঘটনা ঘটিবে। সুতরাং দেখা যাইতেছে যে যতক্ষণ কুণ্ডলী এবং চুম্বকের ভিতর আপেক্ষিক গতি রহিয়াছে ততক্ষণ প্রবাহ চালু থাকে, গতি বন্ধ হইলেই প্রবাহ বন্ধ হয়। তাছাড়া গতি দ্রুত হইলে আবিষ্ট প্রবাহের মাত্রা বাড়ে এবং গতি মন্থর হইলে মাত্রা কমিয়া যায়।

প্রবাহ কর্তৃক আবিষ্ট প্রবাহ—P একটি সলিনয়েড। ইহার সহিত একটি ব্যাটারী B এবং একটি রিওস্ট্যাট R ও একটি টেপা চাবি K যুক্ত আছে (71 নং চিত্র)। S আর একটি সলিনয়েড—আকারে P হইতে বড় এবং ইহাতে অনেকগুলি তারের পাক আছে। ইহার সহিত একটি সুবেদী

গ্যালভানোমিটার G আছে। P-সলিনয়েডকে বলা হয় মুখ্য কুণ্ডলী এবং S-সলিনয়েডকে বলা হয় গৌণ কুণ্ডলী। প্রথমে S-গৌণ কুণ্ডলীর বর্তনীতে একটি রিওস্ট্যাট ও কোষযুক্ত করিয়া কুণ্ডলীতে প্রবাহের অভিমুখ নির্ণয় করিতে হইবে। মনে কর, প্রবাহ বামাবর্তে (anti-clockwise) চলিতেছে। এখন গালভানোমিটারের কাঁটার বিক্ষেপের অভিমুখ লক্ষ্য কর।

চিত্র নং 71

নিয়ের পরীক্ষাতে এই অভিমুখে কাঁটা বিক্ষিপ্ত হইলে S-কুণ্ডলীতে প্রবাহ সমমুখী (direct) এবং বিপরীত দিকে বিক্ষিপ্ত হইলে প্রবাহ বিপরীতমুখী (inverse) ধরা হইবে'। এখন, S-কুণ্ডলীর বর্তনী হইতে কোষ ও রিওস্ট্যাট খুলিয়া লও।

(i) মুখ্য কুণ্ডলী P-তে বামাবর্তী তড়িৎ-প্রবাহ চালাইয়া দ্রুত ঐ কুণ্ডলী S-কুণ্ডলীর ভিতর প্রবেশ করাও। দেখিবে যে গ্যালভানোমিটারে ক্ষণিক বিক্ষেপ সৃষ্টি হইল। বিক্ষেপের অভিমুখ লক্ষ্য কর। এই অভিমুখ হইতে বোঝা যায় যে গৌণ কুণ্ডলী S-এ বিপরীতমুখী ক্ষণিক তড়িৎ-প্রবাহ আবিষ্ট হইল। এখন মুখ্য কুণ্ডলীকে দ্রুত গৌণ কুণ্ডলীর ভিতর হইতে বাহির করিয়া আনিলে ক্ষণস্থায়ী বিপরীত বিক্ষেপ দেখা যাইবে অর্থাৎ এইবার ক্ষণস্থায়ী সমমুখী প্রবাহ আবিষ্ট হইল।

(ii) মুখ্য কুণ্ডলীর চাবি K ছাড়িয়া দিয়া—অর্থাৎ কুণ্ডলীতে কোন প্রবাহ হইতে না দিয়া—উহাকে গৌণ কুণ্ডলীর মধ্যে বসাও। এইবার চাবি টিপিয়া মুখ্য কুণ্ডলীতে প্রবাহ চালাও। গ্যালভানোমিটারের বিক্ষেপ লক্ষ্য করিলে দেখিবে যে গৌণ কুণ্ডলীতে ক্ষণস্থায়ী বিপরীতমুখী তড়িৎ-প্রবাহ আবিষ্ট হইল। যদি রিওস্ট্যাট পরিবর্তন করিয়া মুখ্য কুণ্ডলীতে প্রবাহের মাত্রা বাড়ানো যায় তবে গৌণ কুণ্ডলীতে একই ধরনের প্রবাহ আবিষ্ট হইবে। এইবার মুখ্য কুণ্ডলীর চাবি K ছাড়িয়া দিয়া প্রবাহ বন্ধ কর। সঙ্গে সঙ্গে গৌণ কুণ্ডলীতে আবার ক্ষণস্থায়ী তড়িৎ-প্রবাহ যাইবে—কিন্তু এই প্রবাহ সমমুখী হইবে। একই ব্যাপার দেখা যাইবে যদি মুখ্য কুণ্ডলীর প্রবাহমাত্রা রিওস্ট্যাটের সাহায্যে কমানো যায়।

প্রশ্ন ২। তড়িৎ-চুম্বকীয় আবেশের সূত্রগুলি বর্ণনা কর। উপযুক্ত পরীক্ষাদ্বারা উহাদের ব্যাখ্যা কর।

[State the law of electromagnetic induction and describe suitable experiments illustrating each of them.]

[H. S. Exam., 1967]

উঃ তড়িৎ-চুম্বকীয় আবেশের সূত্র:

(i) যে-হারে কুণ্ডলীর ভিতর দিয়া অতিক্রান্ত বলরেখা পরিবর্তন করে আবিষ্ট তড়িচ্চালক বল তাহার সমানুপাতিক। ইহাকে ফ্যারাডের সূত্র বলে।

(ii) যে-কোন তড়িৎ-চুম্বকীয় আবেশের বেলায় আবিষ্ট তড়িৎ-প্রবাহের অভিমুখ এমন হইবে যে, যে-কারণে প্রবাহের সৃষ্টি হয়, প্রবাহ সর্বদা সেই কারণকে বাধা দিবে। ইহাকে লেন্জের সূত্র বলে।

[সূত্রগুলিকে ব্যাখ্যা করিবার জন্য ১নং প্রশ্নের উত্তরের যে দুইটি পরীক্ষার কথা বলা হইয়াছে তাহাদের যে-কোন একটি উল্লেখ করিতে হইবে এবং পরে নিম্নাংশ যোগ করিতে হইবে। নিম্নাংশ প্রথম পরীক্ষার পরিপ্রেক্ষিতে লেখা হইল।]

আমরা যে-কোন চৌম্বক ক্ষেত্রকে কতকগুলি বলরেখা দ্বারা প্রকাশ করিতে পারি। সুতরাং দণ্ড-চুম্বক কুণ্ডলীর কাছে লইলে বেশী সংখ্যক বলরেখা কুণ্ডলীকে অতিক্রম করিবে এবং দণ্ড-চুম্বক দূরে সরাইয়া লইলে কম সংখ্যক বলরেখা কুণ্ডলীকে অতিক্রম করিবে। ইহা হইতে সহজে বোঝা যায় যে

বলরেখা কুণ্ডলীকে অতিক্রম করিবার পরিবর্তনের উপর আবিষ্ট ফল নির্ভর করে এবং এইভাবে ফ্যারাডে তাঁহার সূত্র প্রমাণ করেন।

তাছাড়া, আমরা জানি যে সলিনয়েড কুণ্ডলীতে তড়িৎ-প্রবাহ হইলে সলিনয়েড নিজে চুম্বকের ন্যায় ব্যবহার করে এবং উহার দুই মুখে মেরুর উদ্ভব হয়। উপরোক্ত পরীক্ষায় (চুম্বক কর্তৃক আবিষ্ট প্রবাহ পরীক্ষায়) দণ্ড-চুম্বক কুণ্ডলীতে ঢুকাইবার এবং বাহির করিবার সময় কুণ্ডলীতে যে-দিকে তড়িৎ-প্রবাহ হয় তাহা লক্ষ্য করিলে দেখা যাইবে যে, কুণ্ডলীর উপর মুখে 70 নং চিত্রে যেমন দেখানো হইয়াছে ঐরূপ মেরুর উদ্ভব হয়। অর্থাৎ দণ্ড-চুম্বকের N-মেরু ঢুকাইবার সময় তড়িৎ-প্রবাহের দরুন কুণ্ডলীর উপরের মুখে N মেরুর উদ্ভব হইবে এবং তাহার ফলে N-মেরু ঢুকাইবার চেষ্টাকে বাধা দেওয়া হইবে। আবার বাহির করিয়া লইবার সময় S-মেরু উদ্ভব হইবে এবং তাহার ফলে N-মেরু বাহির করিয়া লইবার চেষ্টাকে বাধা দেওয়া হইবে। যদি দণ্ড-চুম্বকের N-মেরু না ঢুকাইয়া S মেরু ঢুকানো হয় তবে ঢুকাইবার সময় কুণ্ডলীর মুখে S-মেরু এবং বাহির করিয়া লইবার সময় N মেরুর উদ্ভব হইবে অর্থাৎ আবিষ্ট তড়িৎ-প্রবাহের অভিমুখ এমন হইবে যে, যে কারণে প্রবাহ সৃষ্টি হয় প্রবাহ সর্বদা সেই কারণকে বাধা দিবে।

প্রশ্ন ৩। তড়িৎ-চুম্বকীয় আবেশ কাহাকে বলে? লেঞ্জ সূত্র কি? কোন চুম্বকের উত্তর মেরু কোন কুণ্ডলীর নিকটে আনিলে কুণ্ডলীতে যে প্রবাহ আবিষ্ট হইবে তাহার অভিমুখ লেঞ্জের সূত্র হইতে কিরূপে পাওয়া যায়?

শক্তির সংরক্ষণ সূত্র হইতে কিরূপে লেঞ্জ সূত্র পাওয়া যায় ব্যাখ্যা কর।

[What is electro-magnetic induction ? State Lenz's law and apply it to find the direction of current induced in a coil, when the north pole of a magnet is brought near it.

Show how Lenz's law can be derived from the principle of conservation of energy] (H. S. Exam., 1965, *cf.* '67)

উঃ। **প্রথমাংশ ঃ** ১নং প্রশ্ন দ্রষ্টব্য।

দ্বিতীয়াংশ ঃ যে-কোন তড়িৎ-চুম্বকীয় আবেশের বেলায় আবিষ্ট তড়িৎ-প্রবাহের অভিমুখ এমন হইবে যে, যে-কারণে প্রবাহ সৃষ্টি হয় প্রবাহ সর্বদা সেই কারণকে বাধা দিবে। ইহাই লেঞ্জের সূত্র।

কোন চুম্বকের N-মেরু তারের কুণ্ডলীর কাছে লইলে কুণ্ডলীর ভিতর তড়িৎ-প্রবাহ আবিষ্ট হইবে এবং লেঞ্জের সূত্রানুযায়ী এই প্রবাহের অভিমুখ এমন হইবে যে N-মেরুর আগমনকে বাধা দিবে। এখন, N-মেরুর আগমনকে বাধা দিতে হইলে কুণ্ডলীর সম্মুখের তলে N-মেরুর উদ্ভব হওয়া প্রয়োজন, কারণ আমরা জানি দুই সমমেরু পরস্পরকে বিকর্ষণ করে। এখন সলিনয়েডের নিয়ম হইতে জানি যে কুণ্ডলীর সম্মুখতলে N-মেরুর উদ্ভব হইতে গেলে তারের ভিতর দিয়া প্রবাহের অভিমুখ বামাবর্তী (anti-clockwise) হয়। অতএব, কুণ্ডলীর সম্মুখতলে দৃষ্টিপাত করিলে কুণ্ডলী দিয়া আবিষ্ট প্রবাহ বামাবর্তী হইবে।

শেষাংশ ঃ শক্তির সংরক্ষণ সূত্র হইতে আমরা লেঞ্জের সূত্র পাইতে পারি। ধর, যদি সম্ভব হয়, লেঞ্জের সূত্রানুযায়ী আবিষ্ট তড়িৎ-প্রবাহের অভিমুখ যে দিকে হওয়া উচিত সেদিকে না হইয়া প্রবাহের অভিমুখ বিপরীত দিকে হইল। তাহা হইলে যদি বদ্ধ-কুণ্ডলীর দিকে N-মেরুকে একটু গতিশীল করিয়া ছাড়িয়া দেওয়া হয় তবে আবিষ্ট প্রবাহের আকর্ষণে N-মেরু ক্রমশ অগ্রসর হইবে এবং ইহার বেগ বাড়িবে। ফলে, আবিষ্ট প্রবাহের মাত্রাও ক্রমশ বৃদ্ধি পাইবে। এক্ষেত্রে, N-মেরুর বর্ধিত বেগ সৃষ্টি করিবার জন্য উপযুক্ত শক্তির প্রয়োগ কোথাও করা হইল না। শক্তির সংরক্ষণ সূত্রানুযায়ী ইহা অসম্ভব। সুতরাং N-মেরুর ঐরূপ অবাধ গতি বা আবিষ্ট প্রবাহের মাত্রাবৃদ্ধি ঐরূপভাবে হইতে পারে না। অর্থাৎ আবিষ্ট প্রবাহের অভিমুখ লেঞ্জের সূত্রানুযায়ীই হইবে।

প্রশ্ন ৪। একটি কুণ্ডলীর সহিত একটি সুবেদী গ্যালভানো-মিটার যুক্ত আছে। অন্য একটি তড়িৎবাহী কুণ্ডলী (a) প্রথমটির মধ্যে দ্রুত ঢুকানো হইল, (b) ঐ অবস্থায় উহার তড়িৎপ্রবাহ উল্টাইয়া দেওয়া হইল, (c) উহাকে দ্রুত বাহির করিয়া আনা

হইল। গ্যালভানোমিটারে কি দেখা যাইবে? এই ধরনের ঘটনা কি অন্য উপায়ে সৃষ্টি করা যায়?

[A coil is connected to a sensitive galvanometer. Another coil carrying a current is then (a) quickly introduced into the first, (b) while still there the current in the second coil is reversed, (c) finally withdrawn quickly. Explain the effects on the galvanometer. Can you produce a similar effect by other means ?

উঃ। ১নং প্রশ্নের উত্তর দ্রষ্টব্য।

****প্রশ্ন ৫। একটি দণ্ড-চুম্বককে একটি কুণ্ডলীর কাছে নাড়াইয়া কুণ্ডলীতে তড়িৎ-প্রবাহ আবিষ্ট করা যায়। এই প্রবাহের (a) অভিমুখ, (b) স্থায়িত্বকাল, (c) মাত্রা কাহার উপর নির্ভর করে? তোমার উত্তরের স্বপক্ষে পরীক্ষা বর্ণনা কর।**

[It is known that a current can be induced in a coil by moving a magnet near it What conditions determine (a) the direction, (b) the duration, (c) the magnitude of the induced current ? Give experimental evidence in support of your answer.] [H S. Exam , 1961]

উঃ। প্রবাহের অভিমুখ লেঞ্জের সূত্র হইতে পাওয়া যায়। আবিষ্ট প্রবাহের অভিমুখ এমন হইবে যে, যে-কারণে প্রবাহ সৃষ্টি হয়, প্রবাহ সর্বদা সেই কারণকে বাধা দিবে।

প্রবাহের স্থায়িত্বকাল কুণ্ডলীর সহিত জড়িত (linked) বলরেখার পরিবর্তনের উপর নির্ভর করে। যখন কোন কুণ্ডলীর মধ্য দিয়া অতিক্রান্ত চৌম্বক বলরেখার সংখ্যা পরিবর্তিত হয় তখন কুণ্ডলীতে আবিষ্ট প্রবাহ চলে এবং যতক্ষণ বলরেখার পরিবর্তন হইতে থাকে ততক্ষণ প্রবাহও চলিতে থাকিবে।

প্রবাহের মাত্রা ফ্যারাডের সূত্র হইতে পাওয়া যায়। যে-হারে কুণ্ডলীর ভিতর দিয়া অতিক্রান্ত বলরেখা পরিবর্তন করে, আবিষ্ট তড়িচ্চালক বল বা তড়িৎ-প্রবাহের মাত্রা তাহার সমানুপাতিক।

পরীক্ষা বর্ণনার জন্য ১নং প্রশ্নের উত্তর দ্রষ্টব্য।

***প্রশ্ন ৬। ডায়নামো কাহাকে বলে? ডায়নামোর মূলনীতি কি? D C. ও A. C ডায়নামোর পার্থক্য উল্লেখ করিয়া উহাদের বিবরণ দাও।**

[What is a dynamo ? What is its principle ? Describe D C and A C. dynamos mentioning their differences.]

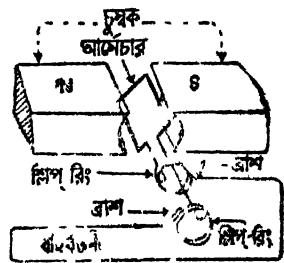
[H. S. Exam., 1963, '64 (Comp.)]

উঃ। ডায়নামো একপ্রকার তড়িতোৎপাদক যন্ত্র। বিস্তৃত ক্ষেত্রে তড়িৎ প্রবাহ সরবরাহ করিবার জন্য ডায়নামো ব্যবহৃত হয়।

ডায়নামোর মূলনীতি তড়িৎ-চুম্বকীয় আবেশের উপর প্রতিষ্ঠিত। একটি বদ্ধ কুণ্ডলীকে যদি কোন চৌম্বকক্ষেত্রের ভিতর অবিরত ঘুরানো যায় তবে তড়িৎ-চুম্বকীয় আবেশ অনুযায়ী উক্ত কুণ্ডলীতে একটি তড়িচ্চালক বল আবিষ্ট হইবে। যদি ঐ কুণ্ডলীর দুই প্রান্ত একটি বর্তনীর সহিত যুক্ত থাকে তবে ঐ বর্তনীতে তড়িৎ-প্রবাহের উৎপত্তি হইবে। ইহাই হইল ডায়নামোর মূলনীতি।

(1) **A. C. ডায়নামো**—ইহার বিভিন্ন অংশ নিম্নরূপ (72 নং চিত্র):—

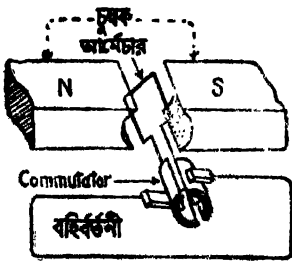
চিত্র নং 72

(ক) আর্মেচার (armature)—একটি নরম লোহার চোঙের উপর কয়েক পাক তামার তার জড়াইয়া ইহা তৈয়ারী করা হয়। ইহা একটি চৌম্বকক্ষেত্রের ভিতর অবিরত ঘুরিতে পারে এবং ইহাকে ঘুরাইবার জন্য তৈল বা বাষ্পীয় এঞ্জিন ব্যবহার করা হয়।

(খ) ক্ষেত্র চুম্বক (field magnet)—ইহা দুই রকমের হইতে পারে—যেমন স্থায়ী চুম্বক বা তড়িৎ-চুম্বক (N-S)। ইহা দ্বারা প্রচণ্ড চৌম্বকক্ষেত্রের সৃষ্টি করা হয়।

(গ) আংটা (slip rings)—ধাতুনির্মিত দুইটি আংটা আর্মেচার কুণ্ডলীর শেষ দুই প্রান্তে যুক্ত থাকে। ইহারা আর্মেচারের সহিত ঘুরিতে পারে।

(ঘ) ব্রাশ (brush)—ব্রাশ কার্বনের তৈয়ারী এবং আর্মেচার ঘুরিবার সময় ইহারা আলগাভাবে আংটার সহিত ঠেকিয়া থাকে। এই ব্রাশের সহিত বহির্বর্তনী যুক্ত করা হয়।

যখন আর্মেচার ঘুরিতে থাকে তখন আর্মেচার কুণ্ডলী চৌম্বকক্ষেত্রের বলরেখাগুলিকে ছেদ করে এবং তড়িৎ-চুম্বকীয় আবেশের নিয়মানুযায়ী কুণ্ডলীতে তড়িচ্চালক বল আবিষ্ট হয়। যেহেতু একবার পূর্ণ ঘূর্ণনে আর্মেচার একবার ওঠে এবং একবার নামে এই কারণে বহির্বর্তনীতে পরিবর্তী (alternating) তড়িচ্চালক বলের উদ্ভব হয় এবং তাহার দরুন তড়িৎ-প্রবাহও পরিবর্তিত (alternating) হয়। এই কারণে এই ডায়নামোকে A. C. (alternating current) ডায়নামো বলে।

(ii) D. C. ডায়নামো—গঠন প্রণালী সম্পর্কে D. C. ডায়নামো A.C. ডায়নামোর অনুরূপ—শুধু, এখানে কম্যুটেটার (commutator) নামক একটি যন্ত্রের সাহায্য লওয়া হয়। 73 নং চিত্রে D.C. ডায়নামোর নক্‌সা ও কার্যপ্রণালী দেখানো হইয়াছে।

চিত্র নং 73

এই যন্ত্রে A. C. ডায়নামোর ন্যায় আর্মেচার, ক্ষেত্র-চুম্বক, ব্রাশ থাকে। আর্মেচার কুণ্ডলীর দুইপ্রান্ত দুইটি অর্ধ-বৃত্তাকার তামার পাতের সহিত যুক্ত। এই পাত দুইটিকে একত্রে 'কম্যুটেটার' বলে। ইহারা আর্মেচারের সহিত এক সঙ্গে ঘোরে। দুইটি ব্রাশ আলগাভাবে এই কম্যুটেটার পাত দুইটিকে ছুঁইয়া থাকে এবং ব্রাশের সহিত বহির্বর্তনী যুক্ত করা হয়। আর্মেচার ঘুরিতে থাকিলে আর্মেচার কুণ্ডলীতে পরিবর্তী তড়িচ্চালক বল উৎপন্ন হইবে ; কিন্তু ব্রাশ দুইটি এমনভাবে অবস্থিত যে আর্মেচার কুণ্ডলীতে ঠিক যখন তড়িচ্চালক বলের অভিমুখ বদলায় তখন ব্রাশ দুইটি পরস্পর কম্যুটেটার পাত বদলায়। অর্থাৎ যে-কোন একটি ব্রাশ একটি পাত ছাড়িয়া অন্য পাতকে স্পর্শ করে। ইহাতে একটি নির্দিষ্ট পাত সর্বদা ধনাত্মক তড়িৎ এবং অপরটি ঋণাত্মক তড়িৎ সংগ্রহ করে এবং বহির্বর্তনীতে প্রবাহ সর্বদা একমুখী হয়।

W.

প্রশ্ন ৭। তড়িৎ-চুম্বকীয় আবেশকে কাজে লাগাইয়া যান্ত্রিক শক্তিকে কি উপায়ে বৈদ্যুতিক শক্তিতে পরিণত করা যায় তাহা বর্ণনা কর।

[Explain how the phenomenon of electromagnetic induction has been utilised in transforming mechanical energy into electrical energy.]

উঃ। তড়িৎ-চুম্বকীয় আবেশকে কাজে লাগাইয়া যান্ত্রিক শক্তিকে বৈদ্যুতিক শক্তিতে পরিণত করিবার উদাহরণ হইল ডায়নামো; কারণ ডায়নামোতে ক্ষেত্র চুম্বকের চৌম্বকক্ষেত্রে আর্মেচারের যান্ত্রিক ঘূর্ণন হইলে বৈদ্যুতিক শক্তি উৎপন্ন হয়।

অতঃপর ৬নং প্রশ্নের উত্তর দ্রষ্টব্য।

W

প্রশ্ন ৮। বৈদ্যুতিক মোটর সম্পর্কে সংক্ষিপ্ত নোট লেখ।

(Write a short note on 'electric motor'.)

[H. S. Exam., 1962., 1963 (Comp)]

উঃ। এই যন্ত্রে তড়িৎ-শক্তি হইতে যান্ত্রিক শক্তি পাওয়া যায়। অর্থাৎ ইহার নীতি ডায়নামোর ঠিক বিপরীত। 73 নং চিত্রের বহির্বর্তনীতে একটি ব্যাটারী যুক্ত করিলে আর্মেচারের ভিতর দিয়া তড়িৎ-প্রবাহ হইবে। কোন চৌম্বকক্ষেত্রে অবস্থিত কুণ্ডলীর মধ্য দিয়া তড়িৎ প্রবাহিত হইলে তড়িৎ-চুম্বকীয় বলের প্রভাবে কুণ্ডলীটি এমন অবস্থানে সরিয়া আসে যে কুণ্ডলীর তল চৌম্বক বলরেখার উপর অভিলম্ব হয়। সুতরাং আর্মেচার দিয়া তড়িৎ-প্রবাহের ফলে আর্মেচার ঘুরিয়া ক্ষেত্রচুম্বকের বলরেখার সহিত অভিলম্ব হইবে। আর্মেচার ঠিক যখন এই অবস্থানে আসে তখন কম্যুটেটারের সাহায্যে তড়িৎ-প্রবাহের অভিমুখ উল্টাইয়া দেওয়া হয়। ফলে আর্মেচার একই দিকে অনবরত ঘুরিতে থাকে। আর্মেচারের দণ্ডের সঙ্গে (axle) পাখার ফলক যুক্ত করিলে পাখা ঘুরানো যায়। পাম্প, ট্রামগাড়ী, রোলিং মিল প্রভৃতিতে বৈদ্যুতিক মোটর ব্যবহার করা হয়।

BOARD OF SECONDARY EDUCATION WEST BENGAL

HIGHER SECONDARY EXAMINATION—1960

PHYSICS (Science Group)

FIRST PAPER

[Theoretical]

Group A

1. State and explain the Principle of Archimedes.

Apply it to determine the volume of a body which sinks in water.

A specific gravity bottle completely filled with water, with mercury and with copper sulphate solution weighs respectively 45 gm., 297 gm. and 49 gm.. Calculate the density of the solution, that of mercury being 13·6 gm./c.c. 2+3+5+5

2. What do you mean by "acceleration due to gravity"?

What are the units in which this quantity is expressed in the *c. g. s.* and *f. p. s.* systems?

Define 'weight of a body'.

Describe an instrument by which the weight of a body can directly be measured. Give a neat diagram of instrument.

2+4+2+5+2

3. Explain the meaning of the statement that the atmospheric pressure at a place is 760 *mm* of mercury. Calculate its value in the *c. g. s.* units at a place where $g = 980$ *c. g. s.* units. (Density of mercury $= 13·6$ gm/c.c.)

Describe the construction of a simple mercury barometer.

A bubble of air is introduced into the space above the mercury of a good barometer, 1 *sq. cm*, in cross-section, and the mercury column falls from 75 *cm*. to 65 *cm*. If the space before introduction of air was 6 *cm*. long, calculate the volume which the introduced air will occupy at normal atmospheric pressure. 2+3+5+5

4. Define 'Longitudinal stress', 'Longitudinal strain' and 'Young's modulus'.

Derive the unit in which Young's modulus should be expressed in the *c. g. s.* system.

Find the load, in kilograms, required to stretch a vertical steel wire, 628 *cm* long and 2 *mm.* in diameter, by one more *millimetre* in length Y for steel$=2\times10^{12}$ *c. g. s* units and g$=980$ *c. g. s.* units

Group B

5. Describe the construction of a Doctor's thermometer. Give a neat diagram. 5+2

Why should the thermometer be of uniform bore ? Find the temperature which will be expressed by the same number both on the Fahrenheit and the Centigrade scales. 3+5

6. *Either*, Explain 'specific heat of lead is 0·03.' Define 'Thermal capacity' 2+2

Two exactly similar kettles—one containing water and the other an equal mass of milk—are placed side by side on fire. The rise of temperature of milk is found to take place at a quicker rate than in the case of water Explain. 3

Indicate briefly how you would determine the specific heat of a solid.

200 gm of lead are heated up to 100°C and dropped into a vessel containing 200 gm. of a liquid of sp. heat 0·5. If the initial temperature of the liquid were 0°C, find its final temperature, assuming that the vessel does not absorb any heat. 4

Or, Define the term 'co-efficient of linear expansion of a solid'. 2

How does it depend on the scales of length and temperature used ? Work out the relation between the co-efficients of linear and cubical expansion of the same solid. 2+2+4

What must be the length of a rod of zinc at 59°F., if its length is to increase by 5 *mm.*, when the temperature is raised

to 100°C ? (Co-efficient of linear expansion of zinc=0·000029 per degree cantigrade.) 5

7. Define 'Dew point'. 3

Of what use is it when it has been found ? 3

What is the condition of the atmosphere when its dew point is equal to the temperature of the atmosphere ? If the temperature of a room is raised, explain what the effect will be on (i) the dew point, (ii) the relative humidity of the atmosphere in the room. 3+3

8. Mention two common examples to illustrate transformation of work into heat. 4

Explain "mechanical equivalent of heat is 4·2 Joules per calorie. 4

What is a Joule ? 2

How much work must be done to supply the heat necessary to convert 50 gm. of ice at 0°C into water at 100°C ?

(Latent heat of fusion of ice=80 calories/gm.)

Group C

9. Describe experiments to illustrate

(i) how sound is produced, and (ii) that a medium is necessary for the transmission of sound. 4+4

A gun is fired from a fort at a fixed hour, An observer, from a distance, sets his watch by the report of the gun, but finds later that it is slow by half a minute. Can you say, why ? 3

Can you calculate the distance (in miles) of the fort from the observer, assuming the velocity of sound to be 1.100 ft/sec. ? 4

10. What is the function of the hollow body of a violin ? 3

How is it that the sound of a violin appears to be different from that of a piano although the same tune is played on both ? 4

Define the terms 'Fundamental' and 'Harmonic'.

If the fundamental be emitted by a length of 24 cm. of a wire of a violin, what length of the same wire will emit the next octave ?

SECOND PAPER

Group A

1. State the laws of reflection of light.

Show that the rays from a luminous point falling upon a plane mirror proceed after reflection, as though they diverge from a single point. 3

What is that point called? What is its position? And nature? 3

When a plane mirror is rotated through an angle show that a ray reflected therefrom is turned through an angle twice as much. 5

2. Define 'refractive Index' and explain the terms 'critical angle' and 'total internal reflection' Find a relation between the critical angle and refractive Index. 3+3+3+3

Trace the path of a ray falling normally upon a 60° prism of glass—the critical angle for glass being 42° (Consider only two faces of the prism.) 3

3, Explain, with a diagram, the working of a pin-hole camera. 8

What is the effect of increasing the size of the hole? 3

A man, $5\frac{1}{2}$ feet high, is standing at a distance of 5 feet from a street lamp, the flame of which is 9 feet above the horizontal road-way. Find the length of the man's shadow. 4

4. Define 'focal length" of a convergent lens forms a real image of a linear object placed perpendicular to the axis of the lens. 3

Hence deduce a relation between the object-distance, the image-distance and the focal length of the lens. 5

Find the position, nature and size of the image of an object, 1 inch high, placed in front of a convex lens, at a distance of twice the focal length of the lens. 5

Group B

5. How would you prepare a small bar magnet ? 5

State the nature of polarity developed at the ends of the bar. How would you test the polarity ? 2+2

Describe the nature of the earth's magnetic field. 6

6. Give the diagram of a gold-leaf electroscope with index of parts. (No description is necessary). 8

How, is the instrument to be used for testing the nature of charge on an insulated conductor. 4

'Repulsion is the surer test of electrification'—Explain. 3

7. State and explain the defects of a simple voltaic cell. 2+9

What is meant by the terms 'Electromotive Force' and 'Potential Difference' as applied to cells. 2+2

8. How do you arrange two resistances (i) in parallel and (ii) in series ? 4

Find out the effective resistance in each case. 3+3

Two lamps, each of resistance 50 ohms, are arranged in series with 100 cells, all joined in series. If the internal resistance of each cell be 1 ohm and the *e. m. f.* of each cell 1·5 volts, calculate the current in the lamps. 5

9. Describe Barlow's wheel and explain its action. Give a neat diagram. 1+4

What does this illustrate ?

10. You are given a coil of wire connected to the terminals of a sensitive galvanometer. State, giving reasons, what will happen when—

(i) the N-pole of a bar-magnet is quickly introduced into the coil :

(ii) it is kept there ;

(iii) it is quickly withdrawn. 5+5+5

H. S. EXAMINATION (Compartmental)—1960

PHYSICS (Science)—Paper I

Group A (Answer *any two*)

1. Distinguish between "density" and "specific gravity"; 4
Prove that they are expressed by the same number in the C. G. S. System.

Calculate the height, in metres, of a vertical column of glycerine (sp. gr. 1·26) which will balance the atmospheric pressure at a place where the barometric height is 756 mm. (Density of mercury=13·6 gm/c.c.)

2. Explain the meanings of 'Pressure" and "Thrust" as applied to a liquid.

How would you prove experimentally that the pressure at a point inside water is the same in all directions ?

The depth of a sea at a point is 4320 ft. What is the pressure, in pounds per sq. inch, at the bottom of the locality ? [Neglect pressure of air on the surface. 1 c. ft. of fresh water weighs 62·4 pounds : sp. gr. of sea-water is 1·03]

3. What is a vernier and what is meant by vernier constant ?

If 19 divisions of the main scale coincide with 30 divisions of the vernier scale, what is the vernier constant ? (One division of the main scale=1 mm.]

In reading the height of the mercury column in a barometer in which the above vernier is provided it is found that the main scale reading is 756 mm. and the 16th division of the vernier scale coincides with a division of the main scale. What value does this give for the barometric height ?

4. Explain the action of a siphon. State its use.

What conditions must be fulfilled for the working of a siphon ?

It is required to siphon kerosene (sp. gr.=0·8) over an obstacle. What must be the limiting height of the obstacle which will render siphoning just possible ? (Atmospheric Pressure=30 inches of mercury).

Group B (Answer *any two*)

5. Explain how the fixed points of a thermometer are determined.

How could a thermometer be used to find whether the atmospheric pressure were above or below the normal ?

The readings of a faulty centigrade thermometer at the lower and upper fixed points are respectively +0·5 and 100·8. Find the correct temperature on the centigrade scale when the faulty thermometer reads 20.

6. *Either*, Define the terms "Calorie" and "B. Th. U."

Distinguish between the, "Water-equivalent" and the "Thermal Capacity" of a body.

State the units used in expressing them in any one system.

An iron saucepan contains 100 gms, of water at 25°C. 50 gms. of water at 60°C are poured into the pan and the resultant temperature is found to be 35°C. Calculate the water-equivalent of the pan assuming no loss of heat by radiation or otherwise. If the mass of the pan be 238 gms. what is the specific heat of iron ?

Or, Distinguish between the co-efficients of real and apparent expansion of a liquid.

How are they related ?

A long glass tube of uniform capillary bore contains a thread of mercury, 1 metre long, at 0°C. When the temperature is raised to 100°C, the thread of mercury is found to be 16·5 mm. longer. If the co-efficient of absolute expansion of mercury be 0·000182, calculate the co-efficient of linear exansion of glass.

7. Explain *any three* of the following statements—

(*a*) Water can be made to boil at any temperature, above or below 100°C.

(*b*) Vapour-pressure of a liquid at 25°C is 30 mm.

(*c*) Wet clothes usually dry sooner in winter than in the rainy season though the temperature during the rainy season is higher.

(*d*) A glass tumbler is seen to "cloud over" on the outside when ice-cold water is poured into it.

(*e*) Two blocks of ice when pressed together form a single mass.

8. What are the different modes of propagation of heat ?

Explain each of them with suitable illustrations.

Explain the working of Davy's Safety Lamp.

Group C (Answer *any one*)

9. Explain, with the help of a suitable diagram, the mode of propagation of sound, through air, emitted by a vibrating tuning fork.

If the distance between a pair of adjacent condensation in air be $1\frac{1}{5}$ metres when the sound of a tuning fork is propagated through it and the velocity of sound in air be 320 metres/sec., what is the frequency of the tuning fork ?

10. What is an echo ?

Explain how the phenomenon of echo is employed to measure the depth of oceans.

A man standing away from a cliff hears the echo of a sound 2 seconds after it was produced by him. What is the distance of the cliff from the man ? (Velocity of sound in air=320 metres/sec.)

PHYSICS (Science)—Paper II

Group A (Answer *any two*)

1. The image formed by a single reflection at a plane mirror is said to be "laterally inverted." Explain this.

If a man runs towards a plane mirror at the rate of 5 ft./sec. at what rate will he approach his image ?

Calculate the minimum size of a plane mirror, fixed on the wall of a room, in which an observer can see the full size of himself.

2. Distinguish between "Umbra" and "Penumbra."

State the physical principle involved in the formation of shadows.

Indicate, by means of neat diagram, the regions of umbra and penumbra, if any, due to a spherical obstacle by—

(*i*) a point source of light ;

(*ii*) a luminous spheres smaller in size than the obstacle ; and

(*iii*) a luminous sphere larger in size than the obstacle.

(No description is necessary)

3. State Snell's Law of Refraction.

How would you verify the Law ?

Explain *any two* of the following statements :—

(*i*) To an observer standing beside a swimming pool, water appears to be less deep than it really is.

(*ii*) A smoked ball on being introduced into a beaker of water appears silvery white.

(*iii*) The image of a pin seen through a glass prism, by sun's light, appears coloured.

(*iv*) A number of images is visible when a bright object is held in front of thick plane mirror silvered at the back.

4. Distinguish between a real and a virtual image.

Show, *only* by diagrams, how a convex lens can be made to give (*a*) a virtual, (*b*) a real image of an object.

An object, 4 cm. long, is placed 100 cm. in front of a convex lens of focal length 20 cm. and perpendicular to the axis of the lens. What is the position, nature and size of the image formed ?

Group B (Answer *any three*)

5. What is the difference between a permanent magent and a magnetic substance ?

How would you distinguish one from the other ?

Explain magnetic induction.

The N-pole of a strong magnet *A* is made to approach the N-pole of a freely suspended weak magnet *B*,

State and explain how the N-end of B would behave. (*a*) while A is at some distance from B, (*b*) when A is brought quite close to B.

6. By what experiments would you prove that both positive and negative electrification are produced simultaneously and in equal quantities by friction.

What is an electron ?

Explain the phenomenon of electrification by friction from the point of view of Electron Theory.

7. How would you set up a Leclanche cell ?

Show how the chief defects of a simple voltaic cell are overcome in the Lenclanche cell.

A wire of resistance 20 ohms is connected to the terminals of a battery of 4 cells in series, each of e.m.f. 1·5 volts and internal resistance 1·2 ohms. Calculate the strength of the current in the wire.

Draw a neat figure in connection with the problem.

8. State Ohm's Law, explaining clearly the symbols used.

Show that the Law provides a definition of electrical resistance.

What are the factors upon which the resistance of a wire depends ?

One kgm. of copper is drawn up into a wire, (*a*) 1 mm, diameter, (*b*) 2 mm. diameter. Compare their resistances at the same temperature.

9. Describe the construction of an electromagent.

Give a neat diagram.

If a particular end of the electromagnet is to be the North Pole, show, in the diagram, the direction of the current through the coil.

How does it differ from an artifical magnet ?

10. Describe Roget's vibrating spiral and explain the principle of action of the apparatus.

A wire is connected to the terminals of a hidden battery. Devise an experiment to find out which end of the wire is connected to the positive pole of the battery.

PHYSICS (Science Group)—FIRST PAPER

Group A

1. State Newton's second law of motion and explain how the unit of force is derived therefrom.

Define the Absolute and Gravitational units of force in the Metric and the British systems.

A force of 100 dynes acts upon a mass of 25 gms. for 5 seconds. What velocity does it generate ?

2. Describe the principle and action of a Hydraulic Press. Give a neat sectional diagram,

A bottle is completely filled with oil and corked. If the diameters of the neck and bottom of the bottle be one-half inch and 3 inches respectively, calculate the thrust on the bottom when the cork is pressed with a force of 5 lbs. wt.

3. Distinguish between Potential energy and Kinetic energy, stating how they are measured.

What is a 'Horse Power' ?

What should be the H. P. of an engine which is intended to *pump 250 gallons of water per minute to a height of 40 yards ?*

[One gallon of water weighs 10 pounds.]

4. What is Torricelli's vacuum ?

Is it, strictly speaking a vacuum ?

State, giving reasons, what happens in the following cases :

(*a*) A glass tube, 50 inches long, closed at one end, is entirely filled with mercury and inverted vertically over a trough of mercury.

(*b*) The tube is inclined to the vertical.

(*c*) The tube is replaced by one with a wider bore.

The volume of a bubble of air is doubled in rising from a depth of h metres in a sea to the surface. If the barometric height be 750 mm. and the relative densities of mercury and sea-water are respectively 13'58 anc 1'05. calculate h.

Group B

5. Give a labelled diagram of the apparatus you would use for determining the highest day temperature and the lowest night temperature in a room.

Explain how the apparatus is read and set.

The highest temperature on a certain day was observed to be 120'2° on the Fahrenheit scale. What should have been the corresponding indication on Centigrade scale ?

6. Explain the meaning of Latent heat of fusion of a substance.

Describe how you would determine the melting point of paraffin.

What is the result of mixing 8 lbs. of copper at 100°C. with 2 lbs. of ice at 0°C. ? [Specific heat of copper=0'1, Latent heat of fusion of ice=80 calories/gm.]

7. Distinguish between 'Saturated' and 'Unsaturated' vapours.

Devise a simple experiment by which the aqueous tension at the room temperature may be determined.

A brass pitcher and a porous earthenware jar are both filled with water and placed side by side in air. Would you notice any difference in temparature between the two, after some time ? If so, why ?

8. Mention *two* examples which lead to the conclusion that heat is a form of energy.

What relation has been established between work done and heat developed ?

Define Joule's equivalent. What is its value in the *c. g. s.* system ?

An iron ball having fallen from rest through 30 metres contains kinetic energy sufficient to raise the temperature through 0'7°C. What value does this give for the mechanical equivalent of heat ?

[Specific heat of iron=0'1: g=980 cms./sec.^{2}]

Group C

9. What is a tuning fork ? What is the special characteristic of the sound it emits ?

By what device can the sound of a tuning fork be made audible to large audience ?

You are supplied with two tuning forks, the frequency of one being known. How would you determine the number of vibrations executed per second by the other tuning fork ?

10. What experiment leads you to believe that sound is not propagated through empty space ?

Two observers 'A' and 'B' are stationed in open air, one mile apart. 'A' fires a gun ; 'B' sees the flash and, 5 seconds later, hears the report of the gun. Calculate the velocity of sount in air.

Will the velocity, as determined in the above problem, be affected by wind ? If so, how can the effect of wind be eliminated ?

1196 : PHYSICS—Second Paper

Group A

1. How are shadows formed ?

Explain, with the aid of a diagram, the formation of umbra and penumbra caused by an opaque spherical obstacle when light from a larger luminous sphere falls upon the obstacle.

Explain the condition in which total eclipse of the moon occurs.

2. How would you experimentally verify the laws of reflection ? Describe an experiment to show that the image of a luminous point, formed by a plane mirror is as far behind the mirror as the luminous point is in front.

What deviation is produced by reflection at plane surface when the angle of incidence is 60° ? Explain by a diagram.

3. What is dispersion of light ?

What are the colours seen in a Rain-bow ?

Describe an experiment to prove that the colours of the Rain-bow are present in white light.

Give a neat diagram.

4. Explain, by a diagram, what you mean by the 'Principal Focus' of a convergent lens.

Describe a method of determining the focal length of a convex lens.

An object is placed 30 cms. in front of a convex lens of focal length 10 cms. Where will the image be formed ? State the nature of the image How many times is the image magnified or diminished ?

Group B

5. Give an idea of the distribution of magnetism along the length of bar magnet.

You are given a bar magnet, a rod of brass and a rod of soft iron. With nothing but the bars at your disposal, how would you identify them ?

If you break a bar magnet successively into a number of pieces, what will you notice ?

What is the conclusion you are led to ?

6. Describe an experiment to illustrate the phenomenon of electrostatic induction.

By what experiments would you prove that electricities generated by electrostatic induction are equal in quantity but opposite in kind ?

The cap of a good-leaf electroscope is charged with positive electricity and the leaves diverge. State what would happen when an insulated metal rod is brought close to the cap, if

(a) the rod is uncharged,

(b) the rod is negatively charged,

(c) the rod is positively charged.

7. A wire carrying a rather strong current is held over a compass-needle. How is the direction in which the needle points affected when,

(*a*) the wire lies north and south,

(*b*) the direction of the current is reversed.

How would you ascertain, from the movement of the north end of the compass-needle, the direction of current in the wire ?

State any rule in support of your answer.

8. Describe and explain the action of a calling bell.

Draw a neat diagram of the circuit used.

Would the working of the bell be affected by a reversal of the current in the circuit ?

If a calling bell is worked with a pair of cell in series, each of e.m.f=1·5 volts and internal resistance=1·8 ohms, find the resistance of the coil, the current in it being 0·5 ampere.

9. Describe a simple method of verifying Ohm's Law. Give a neat sketch of the circuit employed.

The ends of a uniform wire—one metre long—are connected to the terminals of battery (e. m. f.=2·1 volts, internal resistance=1·5 ohms). Find, in millivolts, the fall of potential per unit length of the wire if the resistance of the wire be 2 ohms.

10. What is an induced current ?

Describe two typical experiments by which the production of induced currents may be illustrated.

What conditions determine (*a*) the direction, (*b*) the duration, (*c*) the magnitude of the induced current ?

: PHYSICS (Compartmental)—First Paper

Group A (Attempt **any two**)

1. State and explain Pascal's principle on the transmission of liquid pressure.

How can you apply this principle for obtaining multiplication of force ?

A bent tube, containing paraffin oil in one limb and water in the other is placed vertically on the table. If the top and bottom of paraffin oil column from the table are respectively 18·4 and 6·4 inches and the top of the water column is 16·6 inches from the table, calculate the specific gravity of paraffin oil. 6+5+4

2. State the laws of oscillation of a simple pendulum. If the length of a second's pendulum be 100 cms., find the length of the pendulum which makes 25 oscillations per minute, at that place.

Will a pendulum clock gain or lose when (*i*) taken to the top of a mountain ? (*ii*) the brass bob is replaced by a wooden bob of the same size ? (*iii*) the diameter of the bob is diminished ? Give reasons. 4+5+6

3. State Boyle's law and describe how you would verify it for pressures greater than one atmosphere. Give a sectional diagram of the apparatus you would use.

When the barometer stands at 75 cms. a quantity of air, 10 c.c. in volume at the atmospheric pressure, is introduced into the vacuum of the barometer. The mercury immediately falls to 25 cms. What volume does the air occupy inside the barometer tube ?

Group B (Attempt **any two**)

4. Describe the action of a single-barrel air pump. Give a neat schematic diagram of the Pump.

What is its limitation ? 6+5+4

5. Distinguish between 'sensible' heat and 'latent' heat.

State in general terms, the effect of application of heat to ice, say at -8°C., until the temperature 50°C is reached.

Calculate the amount of heat supplied, in the above cases, if the mass of ice be 10 gms. (Specific heat of ice=0·5, latent heat of fusion of ice=80 calories/gm.) 4+6+5

6. Define 'co-efficient of cubical expansion.'

If a block of copper be heated, in the solid state, how will its density be affected ?

Establish a mathematical relation between the volumes of a body at a highor and lower temperature.

A rectangular block of copper ($8'' \times 5'' \times 1''$) at 0°C is heated to 100°C. Calculate increase in volume.

(Co-efficient of linear expansion for copper $= 0{\cdot}16 \times 10^{-4}$ per degree centigrade.) 2+3+5+5

7. What are the different processes by which nature tries to equalise the temperature of different bodies ?

Explain each process with a suitable example

Give reasons for the following statements :—

(a) "Water may be boiled in a paper box without charring the paper. (b) 'It is hotter the same distance above a fire than in front of the fire.'

8 Distinguish between 'evaporation' and 'boiling'.

What do you mean by 'hygrometric state' of air ?

Describe any apparatus with the help of which the hygrometic state of the air may be determined.

Draw a neat sketch of the apparatus you describe. 3+2+6+4

Group C (Attempt *any two*)

9. How does the frequency of a vibrating string depend on (i) the length (ii) the tension of the string ?

State giving reasons, how the pitch of the note emitted by the string of a musical instrument will change when (i) the tension is quadrupled, (ii) the length is halved.

A stretched wire under a tension of 1 kgm. is in unision with a tuning fork of frequency 320. What alternation in the tension would make it vibrate in unision with a fork of frequency 256 ?

10. A vibrating tuning fork (of frequency 256, say) is held at the month of an open air (40 in. tall) jar and water is gradually and carefully poured into the jar. State what will happen.

How would you determine the velocity of sound in air by an experiment of this kind ?

A tuning fork of frequency 250 produces resonance in a glass tube with an air-column of 35 cms. For what length of air-column will resonance be produced with a tuning fork of frequeney 350 ? 4+6+5

(Neglect end correction.)

1961 : PHYSICS (Compartmental)—Second Paper

Group A (Attempt *any two*)

1. The path of light is rectilinear in a homogeneous medium. Describe two experiments in support of the statement.

The sun subtends the same angle as a half-penny at a distance of 10 ft. Give a diagram showing the size and nature of the shadow of the half-penny cast by the sun on a surface parallel to and at a distance of 5 ft. from the half-penny. 5+5+5

2. Two mirrors are inclined to each other at an angle of 90°. Draw a diagram and show how multiple images are formed of an object placed between them.

Prove that a man can see the whole of his person in a mirror the length of which is half his own height. 10+5

3. A glass prism has refracting angle of 90°, the other angles being 45°. Daw accurately the path of a ray incident normally on one of the refracting faces.

What is the deviation produced ?

Explain the phenomenon involved.

Why such a device is preferred in the construction of a Periscope ? 3+3+9+3

4. Explain what you mean by 'Real' and 'Virtual images.'

Draw diagrams illustrating how (i) a magnified real image, (ii) a magnified virtual image is produced by a convergent lens.

Where must an object be placed in front of a convex lens of focal length 20 cms. in order that the image may be real and magnified three times ?

Group B (Attempt *any three*)

5. Describe how you yould proceed to determine the positions of the poles of a magnet.

What is the 'magnetic' length of a magnet ? What is the approximate relation between this length and the actual length of the magnet ? Define magnetic axis of a magnet. 6+3+3+3

6. Given a conductor A on an insulating stand and a body B, charged negatively ; how can you charge A, by means of B, (i) positively, (ii) negatively ?

A charged ebonite rod is brought in contact with the cap of a gold-leaf electroscope. The leaves are seen to diverge. But when the rod is removed the leaves collapse a little. Explain.

5+5+5

7. Explain why a simple voltaic cell is no longer used as a source of current supply.

Describe any other form of cell explaining how the defects of the original type have been overcome.

8. Describe an electric filament lamp. Why is it made air-tight ? Account for the rise of temperature in the bulb when the current is turned on.

The filament of an incandecsent lamp when connected to mains of 200 volt supply has a resistance of 125 ohms. What is the current through the filament ? 5+2+3+5

9. The current flowing through a long wire is too weak to deflect a compass-needle, when stretched over and parallel to the needle. What arrangement enables you to increase perceptively the action on the compass-needle ?

What is the practical unit of resistance ? How do you define it ? A circuit contains an ammeter which reads 1·3 amperes. When a voltameter is connected to two points *A* and *B* of the circuit it reads 3·9 volts. What is the resistance of the portion of the circuit between *A* and *B* ? 6+2+2+5

10. A wire carrying a current is placed between the two poles of a horse-shoe magnet, perpendicular to the magnetic field. How will the wire tend to move ?

State a rule by which the direction of the movement may be determined. Hence explain the action of a simple motor, giving suitable diagram 5+5+5

PHYSICS—First Paper

Group A (Any **two**)

1. Distinguish between 'Pressure' and 'Thrust' as applied to a liquid, and find a relation between them.

Describe a simple experimental arrangment to prove that the pressure at a point within a liquid, at rest, depends on the height of the liquid above that point. 5

In an experiment with Hare's apparatus the length of the column of water in one limb is 26·8 cms. If the specific gravity of the liquid in the other limb be 1·34, what is the length of the liquid in that limb ? 5

2. What is a simple pendulum ? What is its effective length ? State the laws of oscillation of a simple pendulum. 2+2+6

Describe an experiment to verify the law of length. 5

3. State the Principle of Archimedes. 4

How may the Principle be verified ? 5

A piece of wax 22 c.c in volume, floats in water with 2 c.c. above the surface of water Find the weight of the piece and the specific gravity of wax. 6

4. How would you set up a simple experiment to prove that air exerts pressure ? 5

How is the atmospheric pressure generally measured ? 5

Calculate the height of the glycerine barometer when that of the water barometer is 32 ft (specific gravity of glycerine=1·25)

Group B (Any **two**)

5 What is meant by the fixed points of a thermometer ? 4

How would you determine the upper one ? 4

Why is it necessary to note the barometric height when determining the upper fixed point of a thermometer ? 3

If the lower and upper fixed points of a thermometer are marked 20 and 140 respectively, what reading would this thermometer indicate for a temperature of 92° F ? 4

6 'Brass is more expansible than iron, when heated'—Explain Describe an experiment in support of the statement 2+3

Define co-efficient of linear expansion Find its relation with that of superficial expansion of the same material 2+3

If the co-efficient of linear expansion of brass be 0·000018 for centigrade degree, the length being measured in centimetres, what will be its value for a Fahrenheit degree, if the length be measured in yards ? 5

7, Explain the following statements .— 15

(*a*) The water-equivalent of a vessel is 50 gms

(*b*) Aqueous tension at 15°C is 12 7 mm

(*c*) The dew-point on a day is 12°C

(*d*) It is hotter the same distance above a fire than in front of the fire 9

(*e*) A clock keeps corrent time in winter but loses in summer

8 What are the different modes of propagation of heat ? Explain their difference by suitable illustrations

How would you show that different solids have different conductivities ?

Group C (Any **one**)

9. Explain what is meant by logitudinal and transverse wave-motions by taking a suitable example of each type.

Define *wave-length, frequency* and *period* in relation to a wave-motion. 6

A body vibrating with a constant frequency sends waves, 10 cms. long. through a medium *A* and 15 cms. long. through another medium *B*. Compare the wave-velocities in *A* and *B*. 3

10. State the laws of transverse vibration of stretched strings. 6

How would you compare the frequencies of two tuning forks with the help of a sonometer ? 5

A sonometer wire emits a note of frequency 150. What will be the frequency of note emitted by the same string, if the tension is increased in the ratio 9 : 16 and length is doubled ? 4

PHYSICS—Second Paper

Group A (Any two)

1 Explain, with a diagram, the working of a Pin-hole Camera. 4+3

What conclusion do you draw from an experiment with a Pin-hole Camera ? 2

What is the effect, on the image formed, of increasing 6

(*a*) the size of the hole,

(*b*) the distance of the source from the Pin-hole,

(*c*) the distance of the screen from the Pin-hole ?

Give reasons.

2. State the laws of reflection of light at a plane surface. 3

Show, by means of a diagram, how a man, height 6 feet could place a mirror, length 3 feet, flat against a vertical wall, so that he could see a full-sized image of himself in it. 5

Explain, with a diagram, the action of a periscope. 5

For what purpose is it used ? 2

3. What do you mean by the statement 'the refractive index of glass relative to air is 1·5' ? 5

Show, by a diagram, that all rays of light are not transmitted from a denser medium to rarer medium. (*Diagram only is wanted.*) 4

Explain 'Critical angle' and 'Total reflection' and find out a relation between critical angle and refractive index. 4+4

4. Distinguish between a real image and a virtual image.

Draw typical diagrams to show how the nature of the image changes as an object approaches a convex lens from a large distance.

Where must an object be placed with respect to concave lens of 1 foot focal length in order that,

(*a*) a real image may be formed of the same size as the object. 4

(*b*) a virtual image may be formed 2 feet away from the lens. 3

Group B (Any **three**)

5. What are the points of difference between a magnet and a magnetic substance ? 3

Devise a simple experiment to detect the nature of polarities induced by a magnet ? 4

How do you account for the attraction of a piece of soft iron by a permanent magnet 4

'Repulsion is surer test of magnetisation than attraction. Explain.

6. Describe, giving a neat diagram, a gold-leaf electroscope. 6+2

An electroscope is charged by (*a*) friction, (*b*) conduction (*c*) induction. 6

State, giving reasons, the nature of the charge developed in each case. 6

7. State Ohm's law and obtain definition of the ohm. 4

Upon what factors, and in what way, does the resistance of a wire depend ? 4

Define specific resistance. 2

Two copper wires, whose lengths are in the ratio of 1 : 2, are of the same resistance. Compare the diameters of the wires. 5

8. Describe a Leclanche cell and explain how polarisation is prevented in this cell. 7+3

The terminals of a battery of 2 Leclanche cell, joined in series, are connected to a wire of resistance 10 ohms. Find the fall in potential difference across the battery terminals (*e. m. f.* of each cell=1·5 volts and the internal resistance of each cell=1 ohm).

9. How does the rate at which heat is developed in a wire by an electric current depend on the strength of the current and the resistance of the wire ? 4

How would you experimentally verify the first law ? 6

Two similar wires of equal length have diameters in the ratio of 1 : 2 and are joined in series. Compare the heat developed in the wires if a steady current is passed through them for some time. 5

10. Describe an experiment to show that a mechanical force acts on a current-carrying conductor, situated in a magnetic field. 10

Show how this force is made use of in a direct current motor. 5

: **PHYSICS** (Compartmental)—First Paper

Group A (Any **two**)

1. Define specific gravity of a substance If the specific gravity of gold be 19·3, what will be its density in the C. G. S. and F. P S. system ?

Describe a method of experimentally determining the specific gravity of a solid lighter than and insoluble in water.

2. Describe with a neat diagram, the principle and action of a spring balance.

Is the indication of the spring balance the same at all parts of the globe, when the same body is carried by the instrument ? Explain.

An ordinary beam balance, with equal arms is used for weighing The apparent weights of the same body, when placed in the two pans, are respectively 100 and 102·01 grammes. Find the ratio of the arms of the balance.

3. Define *Work* and *Power*.

State and explain the theoretical and practical units in which power' is expressed in the C. G. S. and F. P. S. systems.

A 10 H. P. engine is employed to lift water to a cistern at a height of 300 ft If the efficiency of the engine is 80%, calculate the amount of water that will be delivered to the cistern per minute.

4. What is 'buoyancy' ?

'A floating body loses its whole weight'. Explain

How do you account for the fact that a pound of cotton appears to be lighter than a pound of lead ?

A block floating in a liquid with 0·2 of its volume exposed and in water with 0·1 of its volume exposed. Find the density of the liquid.

Group B (Any **two**)

5. Distinguish between *real* and *apparent* expansion of a liquid.

What do you understand by 'Anomalous expansion of water' ?

Draw a diagram showing the changes in volume of a given mass of water as its temperature is raised from 0°C to 20°C.

By what experiment would you prove that the density of water is maximum at 4°C ?

6. Define '*specific heat*' of a substance. In what way, if at all, does it depend on (*a*) the unit of mass employed and (*b*) the scale of temperature used ?

Describe a method of determining the specific heat of a solid

A body of mass 100 gms is heated to 122°C, and is quickly immersed into 300 gms of water, at 28°C. contained in a copper calorimeter of mass 50 gms. The final common temperature attained is 30°C. If the specific heat of copper be 0·09, calculate that of the material of the body.

7. Explain the following :—

(*a*) Two pieces of ice when pressed together form one mass.

(*b*) When a grass screen (*Khus Khus*) moistened with water is placed in front of the door a sensation of cold is produced in the room

(*c*) Water just before boiling is placed within the receiver of an exhaust pump. If the pump works for sometimes the water is seen to boil.

8. Describe Regnault's Hygrometer and explain how this instrument is used for the determination of Relative Humidity of the atmosphere.

On a certain day the temperature of the air is 18·5°C and the dew point is 12°C Find the relative humidity. The aqueous tension at 18°C, 19°C and 12°C are 15·86, 15·56 and 10·46 mm of mercury respectively.

Group C (Any **two**)

9. Explain the phenomenon of resonance.

Apply it to determine the velocity of sound in air at the room temperature.

A thunder clap was heard 5·5 seconds after the accompanying lightning flash was seen. How far away did the flash occur ?

(velocity of sound in air at $0^{\circ}C = 1100$ ft/sec : Temperature of air $= 20^{\circ}C$).

10. What are stationary waves ?

How are they formed in the case of an open organ pipe ?

What do you understand by 'Nodes' and 'Antinodes' ?

What is the frequency of the fundamental tone emitted by an open pipe, 4 ft. long, if the velocity of sound be assumed to be 1120 ft/sec ?

PHYSICS (Compartmental)—Second Paper

Group A (Any two)

1 Prove the following :

(*a*) When a plane mirror is turned through a given angle θ, a ray reflected from the mirror is turned through 2θ

(*b*) When an object placed in front of a plane mirror moves through any distance, the image correspondingly moves through the same distance

Write a brief note on Kaliedoscope

2 Explain the terms 'Refraction' and Deviation'.

What kind of prism would you employ to deflect a beam of light through 90° ? Explain with a diagram

How is it that a stick immersed partly in water and viewed obliquely appears to be bent at the surface of water ? Explain with the aid of a diagram

3 Show, with the help of neat diagram how a magnified real image of an object can be obtained by means of a convex lens

Hence establish the lens formula A convex lens of 6 cms focal length forms a real image of source of light, three times magnified. What is the position of the source ?

4. What is meant by dispersion of light ?

What is a pure spectrum ?

Describe an arrangement for producing a pure spectrum

Group B (Any three)

5. What are the 'Poles of a magnet' ?

Describe a simple experiment to show that there are two kinds of poles in a magnet.

Describe a method of magnetising knitting needle so as to have north polarity at the pointed end.

How would you determine whether a given steel rod is a magnet or not ?

6. What do you understand by 'electric current' ?

What are the means for the detection of electric current' ?

Explain the difference between 'Quantity of electricity' and 'current strength'.

The terminals of a cell of *e. m. f.* 2·05 volts and internal resistance 0·05 ohm are connected to a voltmeter. What will be the reading of the voltmeter when

(a) the cell does not supply a current, (b) the terminals of the cell are connected by a wire and a current of 5 amperes flows through the cell ?

7. Describe and explain the 'action of points' in an electrostatic phenomenon and briefly mention a case of practical demonstration of the same

What is lightning ? Explain why a lightning conductor protects a building from lightning discharge

8. How would you join conductors so that the effective resistance is (a) greater, (b) smaller than the individual resistance Calculate the effective resistance in each case.

A cell having an *e.m.f.* of 2 volts and a resistance of 34 ohms is connected with three wires of resistances 1, 2 and 3 ohms respectively, the wires being parallel Find the current through the cell.

9. A current passing through a long wire is so weak that when the wire is stretched over and parallel to freely suspended magnetic needle, there is no perceptible effect on the needle. Describe and explain an arrangement for increasing the effect on the needle.

Describe and explain the action of Roget's vibrating spiral.

10 What do you understand by induced current ?

Describe experiments to show how such currents are produced by a magnet.

State Lenz's Law of 'electromagnetic induction'.

Apply it to find the direction of the current induced in a coil when the N-pole of a magnet is brought near it